



**“El impacto de los megabuques en las terminales de
contenedores: un estudio de caso”**

Álvaro Peral Moyano

Trabajo Fin de Máster

Transporte Marítimo

Tutor: Prof. Dr. Juan Ignacio Alcaide Jiménez

Escuela de Ingenierías Marina, Náutica y Radioelectrónica

Junio 2020

“El impacto de los megabuques en las terminales de contenedores: un estudio de caso”

Resumen

El aumento de las dimensiones y la capacidad de los buques portacontenedores en los últimos años está ejerciendo una presión considerable sobre los puertos. Este trabajo aborda los cambios en la estructura organizativa del transporte marítimo de línea, así como las consecuencias que tienen las escalas de megabuques para las terminales de contenedores, especialmente por su influencia sobre la densidad de ocupación del patio. En este sentido, el objetivo es estudiar sus implicaciones para el rendimiento operativo del conjunto de la instalación. Para ello, se toma como referencia el puerto de Algeciras. Mediante la comparación de los datos facilitados por una de sus terminales de contenedores, se analiza el impacto que ejerce en esta la descarga de los buques del servicio oceánico entre Asia y el Norte de Europa. Asimismo, se presenta un modelo de regresión para evaluar la relación entre la ocupación del patio y la producción de la terminal. Se aprecia que la automatización permite atenuar dicha relación.

Palabras clave: Megabuques, terminales, densidad de patio, producción.

“The impact of megaships on container terminals: A case study”

Abstract

The increase in containerships dimensions and capacity in recent years is putting pressure on ports. This paper addresses the organizational changes in the liner maritime industry and studies the consequences that megaships calls have for container terminals, particularly due to its influence over yard occupation density. In this respect, the aim is to examine the implications for the operational throughput of the entire facility. For that purpose, Algeciras port is taken as a reference. The impact of the unloading cargo from Asia-North Europe liner ships is analyzed, contrasting data provided by one of its container terminals. Additionally, a regression model is made to evaluate the relation between yard density and terminal throughput. It is noticed that automation enables to temper such relation.

Keywords: Megaships, terminals, yard density, throughput.

Agradecimientos

Antes de comenzar, quisiera agradecer a mi familia el apoyo que siempre me han brindado en todos los aspectos de mi vida, tanto en el ámbito profesional como personal. Me gustaría mostrar mi más sincera gratitud a mis padres y mi hermana, que me han guiado para conseguir mis metas y alcanzar mis sueños, y a mis abuelos, por transmitirme siempre tanto cariño y sabiduría. Sin ellos no sería la persona que soy hoy.

Gracias también a todos mis amigos, tanto a aquellos que me han acompañado desde siempre como a los que he conocido en la universidad. Todos ellos forman parte de mi otra familia, un pilar fundamental de motivación, amor, lealtad y confianza.

Agradecer también la labor de mi tutor, Juan Ignacio Alcaide. Su predisposición, experiencia y entrega han sido parte fundamental en la realización de este trabajo.

Por último, me gustaría agradecer a TTI-Algeciras su cooperación y su interés. La información facilitada por la empresa ha sido imprescindible para llevar el trabajo a buen puerto. Además, quisiera mostrar mi gratitud a todo el personal que me ha atendido amablemente en mis visitas a la terminal durante la investigación y ejecución del trabajo.

En la elección de este tema ha tenido gran influencia la figura de mi padre, que me ha transmitido el interés por el apasionante mundo de las terminales de contenedores y sus operaciones. Agradecer sus conocimientos y su paciencia, que han sido también una pieza clave en este proyecto. Su esfuerzo, dedicación y valores son mi mejor ejemplo a seguir.

Índice de contenidos

Resumen	I
Abstract	I
Agradecimientos	III
Índice de figuras	VI
Índice de Tablas.....	VIII
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Metodología	3
1.3. Estado del Arte	6
2. Economía del transporte marítimo	9
2.1. La revolución del transporte marítimo del siglo XX: El contenedor.....	10
2.2. El comercio marítimo en la actualidad: Las economías de escala	13
2.2.1. Buques portacontenedores y servicios	18
3. Sistemas portuarios y terminales.....	29
3.1. Terminales	31
4. Terminales de contenedores	33
4.1. Disposición general.....	34
4.2. Equipamiento	37
4.3. Procesos.....	40
4.4. Principales KPI's en las terminales de contenedores.....	46
4.4.1. Productividad por grúa, gmph.....	47
4.4.2. Productividad de escala, BP o bmph	47
4.4.3. Coste por movimiento, cpm	49
4.4.4. Eficiencia global de los equipos, OEE	50

4.4.5. Índices de accidentalidad	53
5. Estudio de caso	55
5.1. Objetivos.....	59
5.2. Metodología del estudio de caso	59
5.3. La terminal de contenedores de TTI Algeciras	60
5.3.1. Características y funcionamiento del patio en la terminal de TTI-A	61
5.3.2. El impacto de los megabuques en la terminal	67
6. Conclusiones	79
Bibliografía.....	83
Anexo I. Autorización.....	91
Anexo II. Modelos de regresión para la relación densidad-producción	92

Índice de figuras

Figura 1. Estructura general del TFM.	5
Figura 2. Economía de escala aplicada al coste del flete de la unidad de carga TEU. ...	15
Figura 3. Evolución del consumo de combustible con la velocidad.....	15
Figura 4. Evolución de los fletes en función del índice Baltic Dry (BDI).....	16
Figura 5. Buques inactivos, capacidad que representan y porcentaje que suponen en relación con la flota total de portacontenedores.	17
Figura 6. Evolución de la capacidad de los portacontenedores.....	19
Figura 7. Capacidad media de los buques destinados a los principales tráfico (TEU)..	23
Figura 8. Efecto cascada en el aumento de la capacidad de los portacontenedores....	24
Figura 9. Principales rutas marítimas y puntos de paso.	25
Figura 10. Tendencias en la flota de portacontenedores.	27
Figura 11. Operadores globales de terminales de contenedores por rendimiento.	33
Figura 12. Presencia de los principales operadores globales de terminales de contenedores Europa.	34
Figura 13. Subsistemas en una terminal de contenedores.....	35
Figura 14. Disposición general de una terminal e interacciones más destacadas.....	36
Figura 15. Grúas pórtico en la terminal de contenedores de APM en Algeciras.....	37
Figura 16. Schuttle carrier.	39
Figura 17. Grúas ASC en el patio de la terminal TTI en el puerto de Algeciras.....	40
Figura 18. Cálculo del <i>Crane Split</i>	42
Figura 19. Plano de estiba de un buque (Bayplan).	44
Figura 20. Seguimiento de la operativa de un buque en la terminal de TTI-A.	45
Figura 21. Diagrama de eficiencia global de los equipos en la terminal de TTI-A.	51
Figura 22. Principio de Pareto aplicado a las pérdidas de tiempo operativo en TTI-A..	52
Figura 23. Causas de los accidentes de los estibadores del puerto de Algeciras, 2019.	54

Figura 24. Desviación de la ruta marítima principal para los principales puertos con tráfico de transbordo en el Mediterráneo.	57
Figura 25. Estadísticas acerca de los contenedores manipulados en puertos españoles, atendiendo al número de TEUs (2018-2019).	58
Figura 26. Vista general de la terminal y principales características.	60
Figura 27. Disposición general del patio de TTI-A y de las diferentes áreas establecidas.	62
Figura 28. Esquema de un bloque del patio de TTI-A.	63
Figura 29. Impacto de la capacidad de los portacontenedores sobre la producción. ...	68
Figura 30. Puertos de escala del servicio FAL1.....	69
Figura 31. Ocupación del patio antes y después de la escala de un <i>ULCV</i>	70
Figura 32. Movimientos por escala en función de la capacidad de los buques.....	73
Figura 33. Evolución de la densidad del patio y la producción efectiva (gmph) de la terminal de TTI Algeciras.	75
Figura 34. Modelo de regresión lineal para la relación entre densidad y producción en TTI-A.....	76
Figura 35. Relación entre la densidad del patio y la producción efectiva (gmph) en APM Terminals Algeciras.....	77
Figura 36. Modelo de regresión lineal para la relación entre densidad y producción en APMT-A.....	77

Índice de Tablas

Tabla I. Cambios en el transporte marítimo de línea con la aparición del contenedor.	12
Tabla II. Generaciones de buques portacontenedores y sus principales características.	20
Tabla III. Alianzas estratégicas entre las navieras más importantes.	21
Tabla IV. Índices de incidencia en la estiba del puerto de Algeciras, en 2019.	54
Tabla V. Impacto de las escalas de megabuques en la densidad del patio de TTI-A.	71
Tabla VI. Datos mensuales de densidad y producción para TTI-A.	93
Tabla VII. Resumen de la regresión lineal (datos TTI-A).	93
Tabla VIII. Análisis de la varianza para los datos de TTI-A.	94
Tabla IX. Datos semanales de densidad y producción para APMT-Algeciras.	94
Tabla X. Resumen de la regresión lineal (datos APMT-A).....	96
Tabla XI. Análisis de la varianza para los datos de APMT-A.....	96

1. Introducción

El transporte marítimo de nuestros días está experimentando una segunda gran transformación. La primera estuvo protagonizada por la aparición del contenedor como unidad de carga estandarizada, permitiendo el transporte de todo tipo de mercancías. Por su parte, esta segunda transición se caracteriza por la implementación de diversos avances tecnológicos en los buques y los puertos, que se han especializado cada vez más para posibilitar operaciones más eficientes, escalas más breves y, con ello, mejores tiempos de tránsito y costes.

El reflejo de la tecnología en el ámbito portuario está representado por el concepto de los “*Smart Ports*” o puertos inteligentes¹, en línea con la tendencia a la automatización de procesos en las principales terminales de contenedores a nivel global. Asimismo, se están llevando a cabo una serie de cambios en las instalaciones portuarias, inducidos por la transformación de los buques y la reestructuración de las navieras y sus servicios. En este sentido, está siendo muy destacado el papel de las economías de escala, como medio para abaratar el coste unitario del transporte. Su aplicación a los buques portacontenedores ha propiciado un nuevo modelo dominado por el gigantismo y las alianzas estratégicas en las principales rutas (Lian et al., 2019).

En la construcción naval, las capacidades alcanzan ya los 23.000 TEU² (gCaptain, 2017). No obstante, debido al exceso de oferta en el mercado, y a que estos grandes buques sólo son rentables si se optimiza su capacidad de carga, los operadores han optado por compartir recursos en determinados tráficos, lo que les da acceso a un mayor número de servicios (Meng et al., 2014).

¹ El concepto de puerto inteligente tiene como objetivo impulsar la innovación tecnológica y la mejora de procesos, para lograr así un crecimiento sostenible y una mayor competitividad de las actividades portuarias (Med Maritime, 2020). En España, Puertos del Estado ha creado el fondo “Puertos 4.0”, para incentivar la creación y consolidación de nuevas empresas emergentes o líneas de negocio en el ámbito tecnológico. El objetivo es facilitar la transición del sistema portuario español hacia el concepto de puertos inteligentes (Puertos del Estado, 2020).

² Unidad equivalente a un contenedor estándar de 20 pies (*Twenty-foot Equivalent Unit*). Se emplea habitualmente para determinar la capacidad de los buques portacontenedores.

Sin embargo, los nuevos megabuques tienen un impacto notable en las operaciones de las terminales, por la concentración de un mayor volumen de carga/descarga en escalas menos frecuentes (Musso y Sciomachen, 2019). Las consecuencias pueden ser especialmente significativas en puertos o terminales dedicados mayormente al tránsito, y en escalas o servicios cuya operativa sea principalmente de descarga. En estos casos, la repercusión sobre la densidad de almacenamiento en el patio puede ser considerable³. A su vez, esto puede influir en las operaciones que se realicen con posterioridad, sobre todo si la ocupación del patio era ya notable previamente (Jiang et al., 2012; Flack, 2014).

Para tratar de paliar estos efectos, la optimización de los diferentes procesos en cada uno de los subsistemas (carga/descarga, transporte horizontal, almacenamiento en el patio y recepción/entrega) es cada vez más necesaria. También es importante desde el punto de vista de la competencia que existe entre puertos por conseguir servicios, pues les permite ofrecer mejores índices de productividad y costes más reducidos (Steenken et al., 2004). Estos dos aspectos están interrelacionados, pues un mayor rendimiento de la terminal y una reducción de los tiempos no productivos permite que las escalas sean más cortas, de modo que se satisfacen las necesidades de las navieras. Al mismo tiempo, la terminal podrá acoger un mayor número de escalas, y por ello, obtener mayores beneficios. Con estos objetivos, las terminales definen una serie de parámetros con los que analizan su rendimiento, y a través de los cuales configuran sus futuras acciones en base a los resultados obtenidos. Los más importantes están enfocados a la producción, los costes y la seguridad (Quansah, 2008; Shang y Lu 2009).

1.1. Objetivos

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) introduce los retos que están experimentando las terminales de contenedores como consecuencia de los megabuques y la reestructuración de los servicios. De este modo, el objetivo general del estudio es reflexionar acerca de los efectos más destacados del gigantismo naval para

³ La densidad de almacenamiento en el patio puede ser definida como el grado de ocupación de la zona de almacenamiento de contenedores de la terminal, teniendo en cuenta la capacidad total prevista.

las terminales especializadas, analizando los principales indicadores de rendimiento de las operaciones portuarias. Para ello, se establecen una serie de objetivos específicos, abordando la relación entre la densidad de almacenamiento en el patio y los niveles de producción. También se identifican los factores que intervienen en dicha relación y se describe cómo afectan al conjunto de las operaciones, poniendo de manifiesto la importancia de optimizar los diferentes procesos.

1.2. Metodología

En este trabajo se ha realizado un estudio del impacto que tiene en las terminales de contenedores la operativa de megabuques, por sus propias características técnicas, el volumen de carga intercambiada y la distribución de servicios y escalas en las alianzas entre navieras.

Para ello, se ha contextualizado la situación del transporte marítimo de línea en la actualidad. Se destaca la importancia de las economías de escala como consecuencia de la situación económica y del exceso de oferta en determinados servicios. En este aspecto, cabe resaltar como referencia bibliográfica empleada *“Economies of scale in container shipping”* (Lim, 1998). También se ha consultado el informe sobre transporte marítimo de 2018, elaborado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), así como los libros *“Maritime Economics”* (Stopford, 2009) y *“The Geography of Transport Systems”* (Rodrigue 2017).

En lo referente a disposición general de las terminales de contenedores, los subsistemas que las conforman y las operaciones que en ellas se realizan, se puede señalar a Steenken et al. (2004). Para analizar el rendimiento de estas operaciones, se exponen también los principales índices y parámetros operativos, que están relacionados con la optimización de los procesos y los recursos, así como con la eficiencia de los equipos. Esto tiene, a su vez, un impacto muy importante en la reducción de costes y el aumento de la competitividad.

En el estudio de caso, se abordan los efectos operacionales que implican las escalas de megabuques en las terminales, y cómo estas afectan al conjunto de la instalación. Para

ello, se han comparado los datos facilitados por “Total Terminal International Algeciras, (TTI-A)”⁴ de densidad de patio y producción⁵. Con la información acerca del estado del patio antes y después de las operaciones de megabuques, se ha elaborado una tabla en la que se describe el impacto sobre los niveles de ocupación. Para cada una de las escalas analizadas, se han tenido en cuenta el número de movimientos y los contenedores de descarga.

Por otro lado, se ha revisado la influencia de la densidad en la producción efectiva de esta terminal automatizada, mediante la realización de un modelo de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Para ello, se ha considerado la serie de datos mensuales correspondiente a ambas variables para el periodo 2015/2016, realizando un estudio econométrico previo para comprobar la estacionariedad de las series temporales. De este modo, se pretende rechazar errores que pudiesen validar relaciones espurias (Gujarati y Porter, 2009; Montero, 2013). Además, también se ha determinado la relevancia estadística del modelo mediante un contraste de regresión. Con el objetivo de evaluar si la automatización constituye un elemento importante para atenuar los efectos de los megabuques, se ha aplicado el mismo procedimiento a los datos de producción y densidad en la terminal convencional de APM Algeciras. Para ello, se han empleado series semanales del año 2012. Aunque los intervalos temporales y la periodicidad son diferentes para cada modelo, estos se han validado con el análisis de las series de 2015/2016 en la terminal de APM. No obstante, por protección de datos no pueden mostrarse dichos resultados en el trabajo. Por otro lado, la limitación temporal que presentan las series viene impuesta por las restricciones de los propios operadores portuarios a la hora de facilitar datos que pueden resultar sensibles en el escenario actual de fuerte competencia.

La discusión se apoya además en referencias a los siguientes documentos: “*Strategies for improving import yard performance at container marine terminals*” (Martín, 2014), “*Optimizing the Operational Process at Container Terminal*” (Mili y Sadraoui 2015),

⁴ En adelante, TTI Algeciras o TTI-A.

⁵ Toda la información relacionada con la terminal TTI-A ha sido facilitada por la empresa para este Trabajo de Fin de Máster. TTI Algeciras ha autorizado la publicación de estos datos, como se hace constar en el correspondiente Anexo I.

“How Terminals can tackle Mega-Ships” (Port Technology, 2015) y *“The Study on Impacts of Mega Container ships on Ports”* (Baik, 2017).

En cuanto a la estructura del trabajo, podemos distinguir tres partes bien diferenciadas (Figura 1). Una primera sección en la que se analiza la configuración del transporte de contenedores, en cuanto a los buques, las alianzas y las líneas. Previamente, se elabora un compendio de los antecedentes que han conducido a la situación actual. La segunda parte, en la que se tratan detalladamente las terminales de contenedores, su disposición general, equipamiento, procesos y parámetros de rendimiento.

Por último, la tercera parte, en la que se incluye el estudio de caso, para el que se ha seleccionado una terminal de contenedores concreta (TTI Algeciras). En base a las escalas de megabuques del servicio Asia-Norte de Europa, se analizan los datos de ocupación del patio. Teniéndolos en consideración, se debaten los efectos de la densidad sobre la operatividad de la terminal. También se discute la relación entre densidad y producción. Finalmente, se exponen las conclusiones generales del trabajo.

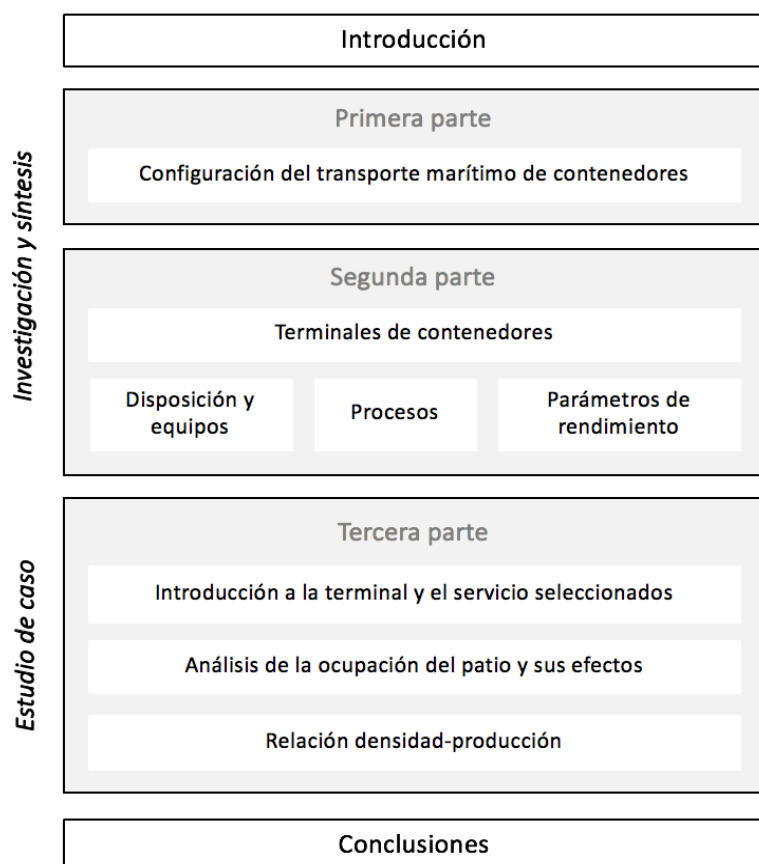


Figura 1. Estructura general del TFM.
Fuente: Elaboración propia.

1.3. Estado del Arte

En los últimos años, varios autores han puesto el foco en el aumento exponencial que ha experimentado la capacidad de los buques portacontenedores, bajo la justificación teórica de las economías de escala (Lim, 1998; Rodrigue, 2017). Sin embargo, los operadores no han obtenido, en muchos casos, los beneficios de esos ahorros porque la mayoría de las tarifas de transporte han caído más que las propias reducciones de costos (Lim, 1998). Por este motivo, el gigantismo no puede implementarse como la única estrategia de competitividad, especialmente porque se está instaurando una sobrecapacidad de las principales rutas, en las que se están desarrollando alianzas y consorcios entre las navieras que operan dichos tráficos (Lim, 1998; Lian et al., 2019). En este aspecto, tal y como destaca Liu (2010), la estructura del mercado de transporte marítimo está en continua evolución y crecimiento, como también se recogen en los informes de la UNCTAD⁶ sobre transporte marítimo (UNCTAD, 2018).

En el ámbito portuario, dicha estructura se ha materializado en la consolidación de operadores globales de terminales de contenedores e instalaciones especializadas. Muchos de estos operadores son navieras que controlan a su vez otros eslabones de la cadena logística (De Souza et al., 2003). Stopford (2009) y Rodrigue (2017) resaltan la relevancia de este aspecto desde un punto de vista económico, así como su influencia en la consolidación de la intermodalidad. En esta nueva organización, es muy relevante el servicio proporcionado al cliente, puesto que la competitividad de los puertos desempeña un papel protagonista (Aronietis et al., 2010). De esta forma, el creciente volumen de negocio se traduce en una mayor demanda de operaciones, al mismo tiempo, que las escalas deben acortarse para optimizar costes (Baik, 2017).

La competitividad desde la perspectiva de la conectividad ha sido también estudiada por sus implicaciones para el transporte marítimo. Deng et al. (2013), abordaron la relación entre los puertos y la economía regional para elaborar un modelo que sirviese de apoyo en la adopción de políticas en la materia. La relación de los puertos con su entorno es

⁶ Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. La información sobre transporte y logística está disponible en el siguiente enlace: <https://unctad.org/en/Pages/DTL/TTL/Infrastructure-and-Services.aspx>; [Consultado 25/02/2020].

muy importante, teniendo en cuenta su dimensión de infraestructuras al servicio del comercio, en las que interaccionan diferentes actividades, funciones y medios de transporte.

En relación con la eficiencia en terminales de contenedores, Liu (2010) y Flack (2014) evaluaron su rendimiento para determinar las medidas que podrían implementarse para mejorarlo. La optimización en los puertos de contenedores puede presentar, a su vez, diversos escenarios y afectar a los diferentes subsistemas que se integran en ellos. En relación con las operaciones en el muelle, se ha analizado la eficiencia de las grúas en la carga y descarga (Gracia et al., 2018). Para ello, se examinan algunos indicadores de productividad y eficiencia de los equipos, concluyendo que existe una relación entre estos, la planificación de las operaciones y la asignación de los recursos empleados. En lo concerniente a la planificación y los recursos, cabe reseñar la dificultad añadida que presenta la operativa de megabuques para las terminales. Baik (2017) se centró en las adaptaciones que requieren la infraestructura portuaria y su equipamiento, así como en los grandes picos de volumen de tráfico de contenedores que generan los megabuques en sus escalas. Otras publicaciones, apuntan también a que el rendimiento de estas escalas es menor en los súper portacontenedores, si se compara con buques de capacidad más moderada (Bonardi, 2015; JOC.com, 2017).

Por su parte, Jin et al. (2016), enfocaron sus estudios a la gestión del almacenamiento en el patio, considerando el problema que plantean las decisiones de asignación de espacio y la disposición de las grúas, sumadas a la congestión en términos de densidad, proponiendo para ello métodos de optimización integrados. En este aspecto, existen una serie de propuestas y recomendaciones para la estructuración de la fase de diseño de las terminales de contenedores, entre las que podemos destacar aquellas dirigidas a la automatización (PEMA, 2016; Alho et al., 2018). Martín (2014), también expuso una serie de estrategias para mejorar el rendimiento del patio en las terminales portuarias de contenedores, destacando que el aumento de la ocupación puede conllevar una disminución de la productividad de las operaciones, al incrementarse el tiempo de ciclo de la maquinaria del patio, lo que tiene un impacto sobre el conjunto de la producción efectiva.

Combinando el ámbito de las operaciones en el muelle con el almacenamiento y los movimientos internos que se realizan en el patio, Steenken et al. (2004), desarrollaron un estudio centrado en el uso eficiente y eficaz de las tecnologías de la información, así como de los métodos de optimización adecuados para cada uno de los principales procesos logísticos, al mismo tiempo que realizaron una revisión bibliográfica acerca de las implicaciones del contenedor en el comercio marítimo, y de la estructura, equipos y funcionamiento de las terminales actuales.

En relación con las nuevas tecnologías, resulta interesante destacar la importancia que se está concediendo recientemente a la evolución de las instalaciones portuarias hacia el concepto de “puerto inteligente”, como medio para canalizar e integrar los avances tecnológicos y la optimización de operaciones y servicios (Dong et al., 2013). En el caso de Rosales (2018), su propuesta para el puerto de Algeciras se basa en la reestructuración de los espacios físicos para conseguir un uso más eficiente de los recursos ya disponibles, implementando al mismo tiempo innovaciones al servicio de la logística marítimo-portuaria.

2. Economía del transporte marítimo

El transporte marítimo ha sido el motor fundamental del comercio y el desarrollo desde la antigüedad. Las primeras civilizaciones ya establecieron rutas marítimas que canalizaron importantes flujos comerciales y que se consolidarían, con el paso de los siglos, hasta conformar las primeras redes marítimas de comercio internacional. La configuración de estas redes ha estado siempre condicionada por las características propias de las zonas de navegación, los flujos comerciales y factores de tipo geopolítico (González, 2005).

En la actualidad, se estima que el transporte marítimo representa en torno al 90% del comercio mundial (OMI, 2015), pues se trata de la alternativa más viable y efectiva para el transporte de grandes volúmenes de carga en largas distancias. En el caso de España, se estima que el 50% de las exportaciones y alrededor del 80% de las importaciones se realizan por vía marítima⁷.

Una de las grandes contribuciones del comercio marítimo ha sido la reducción de los costes de transporte (fletes)⁸, que en muchos casos ya no constituye un factor decisivo en la elección del origen de las mercancías y sus posibles mercados (Stopford, 2009). Sin embargo, el sector marítimo también se caracteriza por su volatilidad y por una economía cíclica que se rige por la oferta y la demanda, afectadas a su vez por múltiples factores. La oferta se ve condicionada, a grandes rasgos, por la flota mundial disponible, la incorporación de nuevas construcciones y el desguace de los buques más antiguos. Mientras tanto, la demanda está determinada por la economía mundial, el comercio de los productos, la distancia, eventos políticos y el precio del transporte, entre otros (Clementi, 2018).

⁷ Según datos del operador logístico "TIBA España". Pueden consultarse en la siguiente dirección web: <https://bit.ly/2PmvPCG>; [Consultado 27/06/2020].

⁸ El flete es el coste más importante asociado al transporte marítimo internacional y atiende generalmente al tipo o volumen de la mercancía y a la distancia entre el puerto de origen y el de destino. También interviene la opción de transporte elegida. Este se determina por la oferta y la demanda, en función de los flujos internacionales de producción y consumo, entre otros factores (Kanvel Logistics, 2018).

Por su parte, el informe de Rochdale (1970)⁹ también describe la industria marítima como un sector complejo y heterogéneo, donde las reglas que rigen una parte de la industria no necesariamente pueden aplicarse al resto. Es por ello por lo que incluso expone que, para determinados propósitos, es más acertado referirse al sector del transporte marítimo como un conjunto de industrias relacionadas.

La dificultad de operar en este sector, por los motivos expuestos anteriormente, se incrementa por las nuevas tendencias derivadas de la globalización y los cambios en el consumo. Estos han propiciado que las sociedades sean cada vez más dependientes de las redes de transporte, en la medida que han de cubrirse necesidades de suministro energético, distribución de bienes, y movilidad de pasajeros y mercancías. La accesibilidad resulta clave para el desarrollo económico de las sociedades modernas y el transporte marítimo es un eslabón fundamental en los sistemas de transporte actuales, que se han visto transformados integralmente por la constante necesidad de adaptar el modelo de negocio a los profundos cambios que se están produciendo en el marco de la denominada Cuarta Revolución Industrial (Rodrigue, 2017)¹⁰.

Las innovaciones tecnológicas en la industria marítima están teniendo un gran impacto en sus tres vertientes principales: los buques, los canales y vías de navegación y los puertos. Su influencia se hace patente también en la automatización de las operaciones, la mejora y optimización de procesos y la mayor interacción entre diferentes medios de transporte (Hesse y Rodrigue, 2004; Reyes, 2018).

2.1. La revolución del transporte marítimo del siglo XX: El contenedor

El comercio marítimo actual no puede entenderse sin el contenedor, que se ha convertido en un elemento fundamental del transporte moderno (Cabrera, 2013). Su

⁹ “*Rochdale Report on shipping industry*”. Se trata de un informe elaborado por encargo del gobierno británico en 1970, en el que se estudia la configuración del transporte marítimo desde el punto de vista de los intereses del Reino Unido (Goss, 1998).

¹⁰ Se trata de la cuarta etapa industrial más relevante desde que comenzó la industrialización en el siglo XVIII, y está caracterizada por la integración de diferentes materias físicas, biológicas y digitales. También se denomina Revolución 4.0. o industria inteligente. Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/2sSVxrk>; [Consultado 28/06/2020].

aparición en la segunda mitad del siglo XX revolucionó la industria marítima¹¹, dominada hasta la década de los sesenta por un modelo que pronto quedaría obsoleto.

El contenedor es un elemento con el volumen interno suficiente para posibilitar la estiba de carga en su interior¹². Está especialmente diseñado para el transporte de mercancías sin operaciones intermedias de carga y descarga, mediante su uso repetitivo. Para este cometido, cuenta con dispositivos que facilitan su manejo y traslado. En este aspecto, presenta también muchas ventajas de cara a la protección de la carga frente a las condiciones meteorológicas o los robos. Asimismo, ostenta marcas o señales que permiten su debida identificación (Cabrera, 2013).

La estandarización de la unidad de carga¹³ y su posibilidad de interacción con otros medios de transporte de manera directa redujo enormemente los tiempos de carga y descarga. Con ello, se acortó la estancia de los buques en puerto, con la consiguiente reducción de costes. A este respecto, también fue importante la optimización de la mano de obra necesaria en las operaciones portuarias. A ello contribuyeron la mecanización de la estiba y desestiba, así como la especialización de los buques y las terminales. No obstante, se requirieron grandes inversiones de capital (Stopford, 2009).

El transporte marítimo containerizado presenta dos importantes diferencias respecto al modelo anterior. En primer lugar, se trata de un transporte de línea regular “*liner*”, esto es, ofrecen escalas frecuentes y previamente fijadas, con tarifas estables y servicio garantizado a largo plazo. Esto contrasta con el transporte de mercancías en régimen de fletamento o “*tramp*”, que en la actualidad ha quedado restringido principalmente a los grandes volúmenes de graneles, líquidos y sólidos (Basedow et al., 2012).

¹¹ El contenedor fue desarrollado por el transportista estadounidense Malcom McLean en los primeros años de la década de 1950, como alternativa a la congestión de las carreteras. Fue el impulsor del transporte intermodal y fundó la primera empresa que operó con un buque portacontenedores, Sea-Land, que fue absorbida en 1999 por Maersk (Ríonegro, 2016).

¹² Según la ISO-668, su volumen interno será, al menos, de 1 metro cúbico. Esta norma estandariza las especificaciones de tamaño y peso, clasificando los contenedores de carga intermodal. Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://www.iso.org/standard/76912.html>; [Consultado 25/06/2020].

¹³ Los primeros contenedores eran de 35 pies. Con la aparición de los buques totalmente celulares, se estandarizaron sus dimensiones en 20 y 40 pies, aunque también son comunes los de 45. De este modo, los portacontenedores están especialmente preparados para transportar unidades de estas dimensiones. En todo caso, existe una gran variedad de contenedores disponibles para propósitos especiales (Accorsi et al., 2014; Rodrigue, 2017).

En segundo lugar, el contenedor cambió la dinámica del transporte, pues los distintos medios se empezaban a combinar como eslabones de una misma cadena, dando lugar a la intermodalidad¹⁴. En este nuevo escenario, los puertos empezaban a desempeñar un papel protagonista, como centros de transferencia de mercancías. La combinación de diferentes rutas marítimas permitía reducir los puertos de escala y, con ello, los tiempos de tránsito (véase Tabla I). Asimismo, la red de transporte se extendía gracias a una mejor interacción con el transporte terrestre por carretera y ferrocarril.

Tabla I. Cambios en el transporte marítimo de línea con la aparición del contenedor.

Fuente: Elaboración propia, a partir de (Rodrigue, 2017).

	Antes del contenedor (1965)	Después del contenedor (1970/1971)
Productividad (Tn/h)	1,7 Tn/h	30 Tn/h
Escalas / ruta	11 puertos	3 puertos
Tiempo en puerto / tiempo navegando (%)	75 / 25	30 / 70

En consecuencia, los puertos no pueden considerarse de forma aislada como terminales marítimas, pues actúan simultáneamente como terminales terrestres en las que se origina o finaliza el tráfico interior (Rúa, 2006). En ellos confluyen además otras actividades auxiliares, dirigidas a los buques (reparaciones, aprovisionamiento, etc.) y las mercancías (almacenamiento, transbordo, etc.).

La containerización ha modificado también la configuración física y operativa de las terminales de carga. En el aspecto físico, las terminales de contenedores requieren de una mayor extensión, principalmente destinada al almacenamiento de la carga (patio). Esta permanece más tiempo en puerto si lo comparamos con las terminales tradicionales de mercancías a granel o “*breakbulk*”, en las que el tránsito del buque a los medios terrestres se realiza de forma más directa. Esta mayor ocupación del espacio y la necesidad de calados considerables, por el aumento de tamaño y capacidad de los buques, ha producido un desplazamiento de las áreas portuarias de contenedores fuera

¹⁴ La intermodalidad consiste en un sistema de transporte para el envío de mercancías integrado por dos o más modos de transporte, en una cadena puerta a puerta. El movimiento de estas mercancías de lleva a cabo en una misma unidad o vehículo sin que la propia mercancía se manipule en los intercambios de modo (Ministerio de Fomento, 2003).

de los núcleos de población, con el objetivo también de evitar desviaciones de las principales rutas marítimas.

Además, también requieren de maquinaria muy especializada, que permita llevar a cabo operaciones más efectivas de manipulación de la carga containerizada. Estos medios, que se analizarán más detalladamente en los próximos capítulos, han permitido reducir muy considerablemente los tiempos de estancia de los buques en puerto, aunque es evidente que en ello también ha intervenido la especialización de los propios buques frente a los de carga general o polivalentes.

Parece claro que la tendencia es la containerización a largo plazo, frente a la desaparición de los buques de carga general, que están quedando restringidos a puertos y mercados muy limitados. De hecho, en 1980, los portacontenedores tan solo representaban una décima parte del tonelaje total de los cargueros, mientras que actualmente, su tonelaje de peso muerto es 3,4 veces mayor (UNCTAD, 2018).

Frente a las claras ventajas del uso del contenedor, podemos señalar como principal punto débil la problemática asociada a los movimientos vacíos, pues de forma general, las zonas de importación y exportación no suelen ser las mismas. Por ello, muchas veces, los contenedores que se transportan cargados retornan vacíos. Esto se traduce en un coste adicional asumido directamente por el operador, aunque indirectamente por el cliente (D.-P. Song y Carter, 2009).

2.2. El comercio marítimo en la actualidad: Las economías de escala

Los cambios en la demanda de bienes han fomentado la adaptación de la producción y la logística en busca de una mayor eficiencia, una reducción de los costes y unos tiempos de tránsito aceptables. Todo ello pone de manifiesto la necesidad de las denominadas “economías de escala”, que en las últimas décadas se vienen aplicando al transporte marítimo.

Los principios de la economía de escala se basan en la noción de que un aumento de la cantidad transportada reduce el coste unitario de transporte. Estos principios ya se aplicaron en los años 60 y 70 del siglo XX al transporte de crudo. La búsqueda de la

rentabilidad, tras el cierre del Canal de Suez en 1967, de la ruta marítima por Cabo de Buena Esperanza propició entonces la construcción de buques de hasta 500.000 toneladas de peso muerto, los llamados “VLCC” (*Very Large Crude Carrier*) y “ULCC” (*Ultra Large Crude Carrier*).

En el caso de los portacontenedores, el gigantismo ha ido imponiéndose en los últimos años de manera notable, con la consiguiente presión para las instalaciones portuarias. El objetivo es el mismo, ganar en competitividad con la utilización de buques de gran capacidad, en un panorama dominado por la liberalización promovida por la Organización Mundial de Comercio (OMC), una acusada competencia, importantes presiones de los cargadores y la dificultad de mantener el equilibrio de los resultados financieros (Lim, 1998).

El coste unitario puede quedar definido: por un lado, por el conjunto de los costes; de capital, operativos y de manipulación de la carga; y, por otro lado, por la capacidad de carga del buque, que en el caso de los portacontenedores podemos considerar equivalente al número total de TEU (Ecuación 1).

$$\text{Coste Unitario} = \frac{\Sigma \text{Costes buque}}{\text{Capacidad}} = \frac{C_{\text{capital}} + C_{\text{operativos}} + C_{\text{carga}}}{\text{TEU}} \quad (1)$$

Con carácter general, un aumento de la capacidad total se traduce en un menor coste unitario, tal y como se muestra en la Figura 2. Esto se debe a que los gastos implícitos en los costes del buque no aumentan de manera proporcional. Además, las economías de escala no solo se aplican a la operativa del buque, sino también a su construcción, puesto que dichos costes tampoco aumentan proporcionalmente con la capacidad o dimensiones del buque (Lim, 1998). No obstante, para los portacontenedores, el coste anual que implica la compra de estos buques supone generalmente la mayor partida individual de gastos operativos. De hecho, representa uno de los costes más caros de entrada en el mercado, por la importante inversión inicial requerida (Rodrigue, 2017).

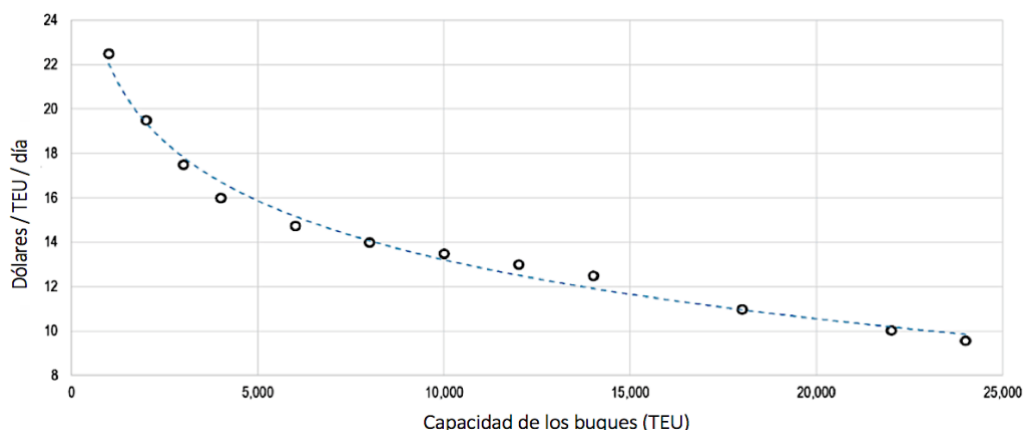


Figura 2. Economía de escala aplicada al coste del flete de la unidad de carga TEU.

Fuente: Adaptado de Rodrigue (2017).

El coste por TEU se expresa en función de la distancia transportada (y del tiempo), que depende de las rutas marítimas. Por este motivo, resultan costes totales diferentes para el flete de una unidad de carga (TEU), aunque en todos los casos, se mantiene la proporción determinada por la economía de escala. En la optimización de costes también intervienen otros parámetros, entre los que podemos destacar el mantenimiento de velocidades reducidas, lo que se ha denominado “*slow steaming*” (Gustafsson, 2019). Esto repercute de manera directa sobre los costes de explotación, pues el consumo es principalmente función exponencial del tamaño y la velocidad del buque (Figura 3). Ahora bien, se debe buscar el equilibrio entre una velocidad óptima, que tenga en cuenta el aumento de los tiempos de tránsito, y la necesidad de flota adicional para asumir el servicio manteniendo las frecuencias (Maloni et al., 2013; Waals y Wijnolst, 2019).

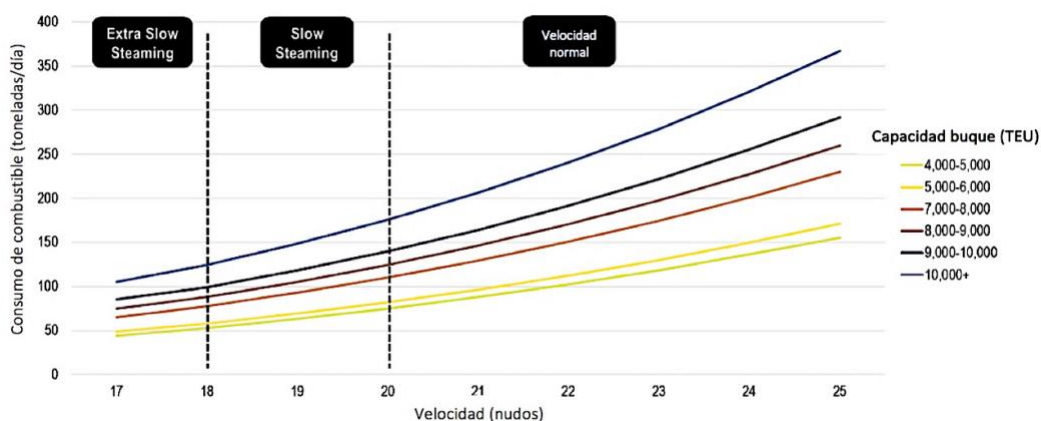


Figura 3. Evolución del consumo de combustible con la velocidad.

Fuente: Adaptado de Rodrigue (2017).

Esta práctica se extendió a partir de la crisis financiera mundial de 2009, en un contexto de desaceleración en el que la producción y la demanda se desplomaron, cayendo los precios de los fletes a mínimos históricos, como se muestra en la siguiente Figura 4:

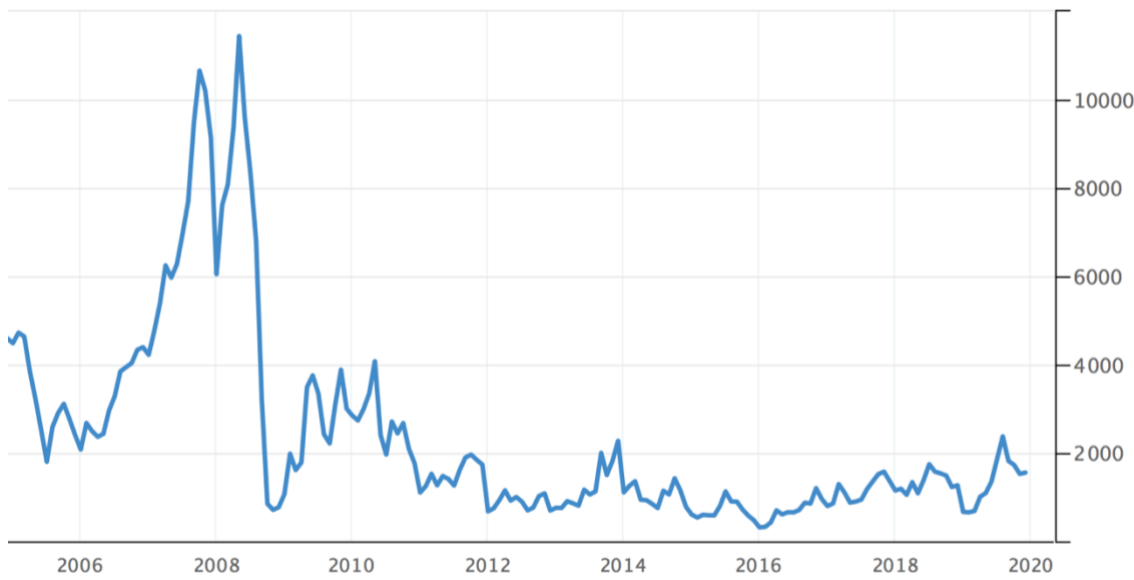


Figura 4. Evolución de los fletes en función del índice Baltic Dry (BDI)¹⁵.

Fuente: Trading Economics (2019)¹⁶.

Como consecuencia, se experimentó una sobrecapacidad de flota, agravada por las unidades que habían sido encargadas durante los años previos de bonanza económica. Muchos de estos buques quedaron inactivos o en “*laid up*” (véase Figura 5), aunque se estudió cómo la introducción de unidades adicionales en determinadas rutas pendulares o “*loops*” permitía mantener una frecuencia similar de escalas a velocidades más económicas (*slow* y *extra slow steaming*) (Gustafsson, 2019).

¹⁵ El índice “Baltic Dry” (BDI) o “Baltic Exchange Dry Index” (BALDRY), mide el coste del flete marítimo de graneles secos, tomando en consideración hasta veinte rutas mundiales en régimen de fletamento. Está considerado uno de los indicadores más significativos para determinar y predecir el estado del comercio marítimo y la economía mundial. Pese a que no se ha encontrado ninguna relación directa entre el BDI y el precio de los fletes de transporte de contenedores, sus fluctuaciones también tienen su reflejo en los contenedores. Recuperado de: <https://bit.ly/2DYQ4kX>; <https://bit.ly/2E1ldE8>; <https://bit.ly/2sY39sh>; [Consultados 27/06/2020].

Desde 2018, la misma sociedad que administra el BDI (Baltic Exchange), audita otros índices globales de transporte de contenedores, entre los que destaca el “Freightos Baltic Index (FBX) Global Container”, que se basa en el valor de mercado para contenedores de 40 pies (FEU). Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://fbx.freightos.com>; [Consultado 28/06/2020].

¹⁶ A través de la web: <https://bit.ly/2qDUzYe>; [Consultado 28/06/2020].

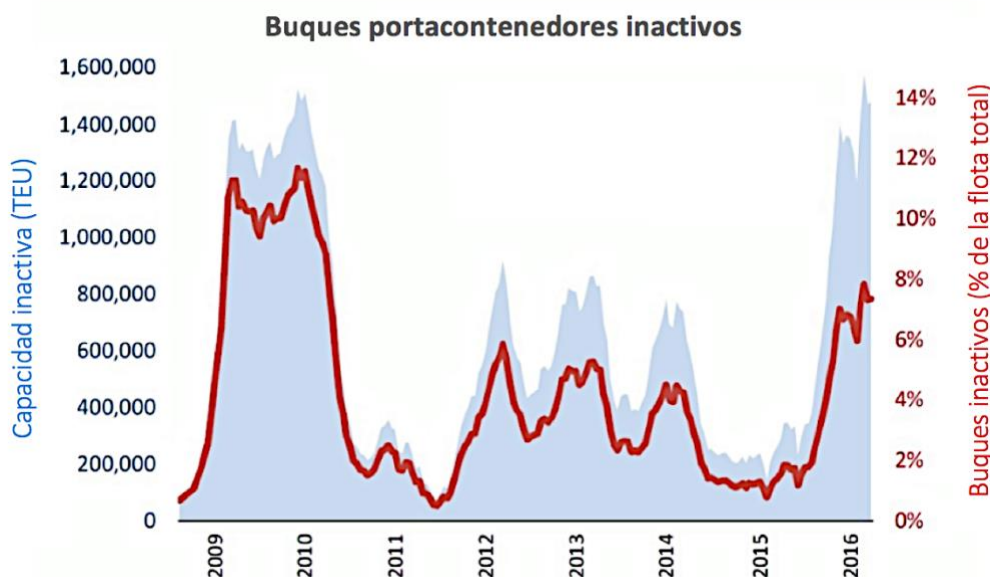


Figura 5. Buques inactivos, capacidad que representan y porcentaje que suponen en relación con la flota total de portacontenedores.

Fuente: Adaptado de Alphaliner (2019).

La crisis llevó a que las navieras registraran enormes pérdidas y el ratio de endeudamiento aumentó de forma generalizada. Por este motivo, se pusieron en marcha políticas más estrictas para el control de costes, con una reorganización de flota y servicios. En lo referente a los servicios, se llevaron a cabo una serie de fusiones y alianzas, que se estudian más detenidamente a continuación. Por su parte, en cuanto a la flota, se ordenaron unidades de mayor capacidad, bajo las pesquisas de la economía de escala.

El *slow steaming* se ha convertido ya en una práctica habitual de las navieras. Se sigue aplicando tras la recuperación de los tráficos, argumentando que no solo permiten optimizar costes, sino que también contribuyen a la sostenibilidad, por la reducción de emisiones. Es por ello que también se hace referencia a estas velocidades de navegación como "*eco speed*" (Woo y Moon, 2014).

Pese a las ventajas evidentes de las economías de escala, estas también presentan una serie de limitaciones, que se reflejan en una expansión incontrolada de capacidades que intensifica la guerra comercial por las tarifas ofertadas. Además, su aplicación requiere de una serie de medios que las navieras deben estar preparadas para asumir. En

ocasiones, esto ha provocado que sus beneficios no sean suficientes para contrarrestar los costes de transbordo y mantener una red complementaria de servicios (Lim, 1998).

2.2.1. Buques portacontenedores y servicios

Como hemos expuesto, el transporte marítimo en general, y el de contenedores en particular, ha experimentado una serie de innovaciones técnicas que han llevado a una optimización del rendimiento de los buques y las instalaciones portuarias. Podemos considerar que estos cambios se han enfocado fundamentalmente en tres áreas principales:

- Las economías de escala, las velocidades reducidas y sus implicaciones en la operativa de las compañías, que vamos a tratar detenidamente en este capítulo.
- La especialización, aplicada tanto a los buques como a las terminales portuarias.
- La automatización, también aplicada en sus dos vertientes.

La especialización y automatización de los puertos ha repercutido de manera muy positiva mejorando las operaciones de los buques y acortando los tiempos de escala. A su vez, la aplicación de estas innovaciones a los buques también impacta sobre los principales índices de productividad de las terminales.

A) Megabuques

En lo referente a la aplicación de los principios de la economía de escala a los buques, podemos considerar que el gigantismo caracteriza en la actualidad el negocio marítimo de los portacontenedores (Park y Suh, 2019). De hecho, se ha impuesto desde los años 2000 como la estrategia más empleada por los principales operadores, inmersos en una fuerte competición por proporcionar los buques con mayor capacidad (véase Figura 6).

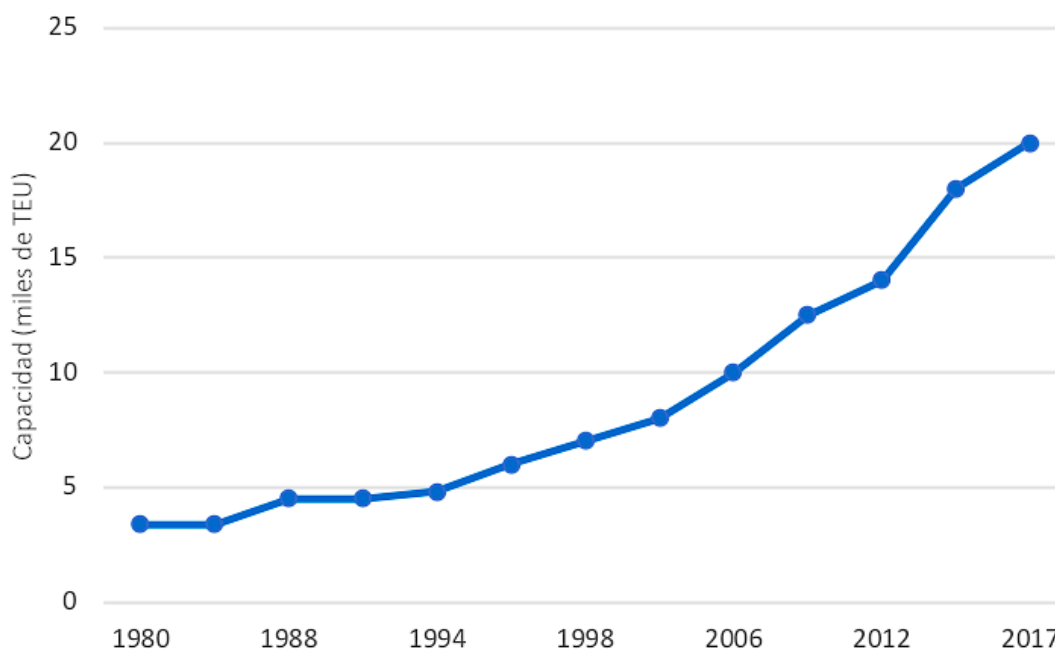


Figura 6. Evolución de la capacidad de los portacontenedores.

Fuente: Elaboración propia, a partir de UNCTAD (2018).

De este modo, la compañía que oferta primero una capacidad adicional se ve beneficiada inicialmente en cuanto a costes frente a sus competidores, al tiempo que los presiona para que actúen de manera rápida y agresiva para no quedarse atrás.

No obstante, esta estrategia puede convertirse en un bucle en el que se instaure una sobrecapacidad que puede verse intensificada cuando diferentes operadores asignan buques de gran capacidad a los mismos servicios, lo que redundaría en una drástica reducción de los precios. Precisamente, desde los primeros años del gigantismo, la tendencia parece haberse estabilizado en la asignación de una capacidad que se sitúa muy por encima de una valoración realista de las necesidades previstas (Lim, 1998; Park y Suh, 2019).

Desde la década de los 70, la capacidad de carga de los portacontenedores ha aumentado aproximadamente en un 1200%¹⁷, evolucionando tal y como se muestra en la siguiente Tabla II:

¹⁷ Según datos del “World Shipping Council”, disponibles a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/2OqeWbl>; [Consultado 27/06/2020].

Tabla II. Generaciones de buques portacontenedores y sus principales características.
Fuente: Elaboración propia, a partir de (Forminaya, 2014).

	Año	Tipo	Clase/Buque	Dimensiones (L x B x T, m)	Capacidad (TEU)
Primera generación	1956	Primeros cargueros	<i>Petroleros y cargueros adaptados</i>	130 x 17 x 9	500-800
	1970	Totalmente celulares	<i>Encounter Bay Hamburg Express</i>	215 x 20 x 10	1 000-2 500
Segunda generación	1980	Panamax	<i>Neptune Garnet</i>	250 x 32 x 12,5	3 000-3 500
	1985	Panamax Max	<i>American NY</i>	290 x 32 x 12,5	3 500-4 500
Tercera generación	1988	Post Panamax	<i>President Truman</i>	285 x 40 x 13	4 000-5 000
	2000	Post Panamax Plus	<i>R, S, G Maersk Class</i>	300 x 43 x 14,5	6 000-8 000
Cuarta generación	2006	New Panamax y Post New Panamax	<i>E Maersk Class</i>	397 x 56 x 16	12 500-15 000
Quinta generación	2013	Triple E	<i>EEE Maersk Class</i>	399 x 59 x 16	18 000-20 000
	2015	Megamax	<i>EEE2 Maersk Class OOCL HK Class CMA CGM St. Exupery</i>	399 x 59 x 16	+ 21 000
	2020	Megamax 23/24	<i>MSC Gulsun Class HMM Algeciras Class</i>	399 x 62 x 16	+23 000

B) Alianzas

Parece evidente que, realizando un análisis de las ventajas e inconvenientes de la aplicación de economías de escala a los contenedores, los nuevos megabuques¹⁸ resultan eficientes en rutas largas, siempre y cuando se rentabilice su explotación, es decir, siempre que vayan completamente cargados. Sin embargo, esto puede resultar complicado en un mercado que, como ya hemos adelantado, se caracteriza por un exceso de oferta. Por este motivo, los principales operadores se han integrado en una serie de alianzas estratégicas, de modo que ofrecen servicios conjuntos en las principales rutas comerciales, compartiendo recursos.

Este sistema les permite acceder a un mayor número de servicios, no solo compartiendo buques sino también cooperando en diversas áreas, también en lo que se refiere a los puertos, compartiendo terminales. De esta forma, cada compañía puede destinar menos recursos a las rutas compartidas, dedicando buques adicionales a otros servicios que se mantienen fuera de la alianza. Además de las claras ventajas operativas, entre

¹⁸ En adelante también denominados “ULCVs”, del inglés, “Ultra Large Container Vessels”.

las que se encuentran la mejora de los tiempos de tránsito y una mayor flexibilidad y frecuencias en las rutas, también posiciona a los operadores en un estatus preferente de cara a negociar servicios con otros actores implicados en el transporte intermodal, como son las propias terminales, depósitos de contenedores (*"depots"*) u otros transportistas (Lim, 1998; Rodrigue, 2017).

La estrategia de alianzas y fusiones ha llevado a que los principales veinte operadores controlasen en 2019 el 90% de la capacidad mundial, y a que las tres alianzas más importantes ofrecieran más del 80% de la capacidad total¹⁹. La siguiente Tabla III muestra los miembros de estas alianzas y el porcentaje que representan respecto de la capacidad global en TEU:

Tabla III. Alianzas estratégicas entre las navieras más importantes.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Alphaliner (2019)²⁰.

Alianza	Miembros	Capacidad	% total TEU
2M	<i>Maersk Line</i>	4,186,944 (1ª)	33,7
	<i>MSC</i>	3,733,127 (2ª)	
Ocean Alliance	<i>CMA CGM</i>	2,667,660 (4ª)	29,2
	<i>COSCO+OOCL</i>	2,939,505 (3ª)	
	<i>Evergreen</i>	1,273,175 (7ª)	
The Alliance	<i>Hapag-Lloyd</i>	1,702,390 (5ª)	18,3
	<i>HMM</i>	374,981 (10ª)	
	<i>Yang Ming MT Corp.</i>	648,343 (8ª)	
	<i>Ocean Network Express (ONE)</i>	1,586,174 (6ª)	
			81,2

Como puede observarse, estas alianzas están integradas por nueve operadores líderes que ocupan las primeras diez posiciones en términos de capacidad total en TEU. Estas navieras son el resultado, a su vez, de fusiones entre compañías que ya representaban una cuota de mercado importante antes de estas operaciones. Es el caso del gigante danés A.P. Moller-Maersk, que agrupa empresas como Sealand, Safmarine o Hamburg Süd; la francesa CMA CGM, con APL, ANL, MacAndrews o Cheng Lie, entre otros; el grupo

¹⁹ Estos datos están disponibles en la página web de Alphaliner y se actualizan de forma continua. Pueden consultarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/2OStXS0>; [Consultado 28/06/2020].

²⁰ Datos actualizados a 1 de diciembre de 2019.

estatal chino COSCO Shipping, con la adquisición de la OOCL de Hong Kong²¹, Hapag-Lloyd, que integra también a UASC; o la Ocean Network Express, resultado de la fusión de tres importantes operadores japoneses, NYK, MOL y K Line.

En los últimos años han sido varias las ocasiones en las que se ha puesto el foco en el sistema de fusiones y alianzas, pues se ha considerado que algunas de estas operaciones podrían poner en riesgo la libre competencia. Ya en 2014, China impidió la alianza “P3” entre Maersk, MSC y CMA-CGM²². En cuanto a las fusiones, en 2017, Maersk tuvo que vender Mercosul Line a CMA, dentro de las condiciones del acuerdo de compra de Hamburg Süd, para evitar el monopolio en los mercados de la navegación costera y el cabotaje en Sudamérica²³.

C) Tráficos y servicios

En la división entre los centros de producción y los de consumo, propia de la economía global, reside la importancia de la logística como estrategia comercial eficiente (Stopford 2009). No obstante, desde 2014, las importaciones de los países en desarrollo superan sus exportaciones, lo que pone de manifiesto su relevancia estratégica como *“principal motor del comercio marítimo mundial”* (UNCTAD, 2018)²⁴. En este sentido, la creciente participación de los países del Sudeste Asiático, especialmente de China, en términos tanto de importación como de exportación, ha generado un aumento de los tráfico de larga distancia. Esto es más evidente en las principales rutas Este-Oeste, que son los que conectan Asia con el norte de Europa, el Mediterráneo y la costa oeste de los Estados Unidos. Precisamente es en estos tráfico en los que se han reestructurado y consolidado las alianzas para el transporte marítimo de línea, debido al entorno negativo y a las pérdidas experimentadas por algunos operadores en ejercicios

²¹ CADENA DE SUMINISTRO. (03/07/2018). “Cosco cierra definitivamente la adquisición de OOCL”. Recuperado de <https://bit.ly/35ICHAT>; [Consultado 28/06/2020].

²² EXPANSIÓN. (17/06/2014). “China hunde la alianza de las grandes navieras Maersk, MSC y CMA”. Recuperado de <https://bit.ly/2Ph1Tb6>; [Consultado 28/06/2020].

²³ JOC. (07/04/2017). “Maersk selling Mercosul Line to clear Hamburg Sud deal”. Recuperado de <https://bit.ly/36h76XB>; [Consultado 27/06/2020].

²⁴ Los países en desarrollo generan la mayor parte de las corrientes de comercio marítimo a nivel global. Según datos de UNCTAD, en el año 2017, cargaron el 60% del comercio mundial por vía marítima y descargaron en torno al 63%.

anteriores (UNCTAD, 2018). En las rutas Este-Oeste, las tres principales alianzas controlan el 93% de la capacidad de servicio. No obstante, sus miembros siguen compitiendo en materia de precios y servicios a los clientes.

La política de alianzas de los tráficos con Asia contrasta con la dinámica de los operadores en las rutas Norte-Sur. Muchos de estos servicios son considerados “estratégicos” por parte de las navieras, y por ello los gestionan o, al menos, controlan individualmente, con colaboraciones puntuales para servicios concretos. Los buques destinados a estas rutas son también diferentes (Figura 7). Con carácter general, son buques de menor capacidad y porte medio. Es preciso tener en cuenta que la mayor parte de los puertos (aproximadamente el 70%), presentan restricciones importantes de calado para los nuevos megabuques (menos de 10 metros) y son incapaces de dar cabida a naves de más de 200 metros de eslora, tanto por las propias características físicas y técnicas del puerto, como por los medios e infraestructuras que requiere su operativa (Rodrigue, 2017).

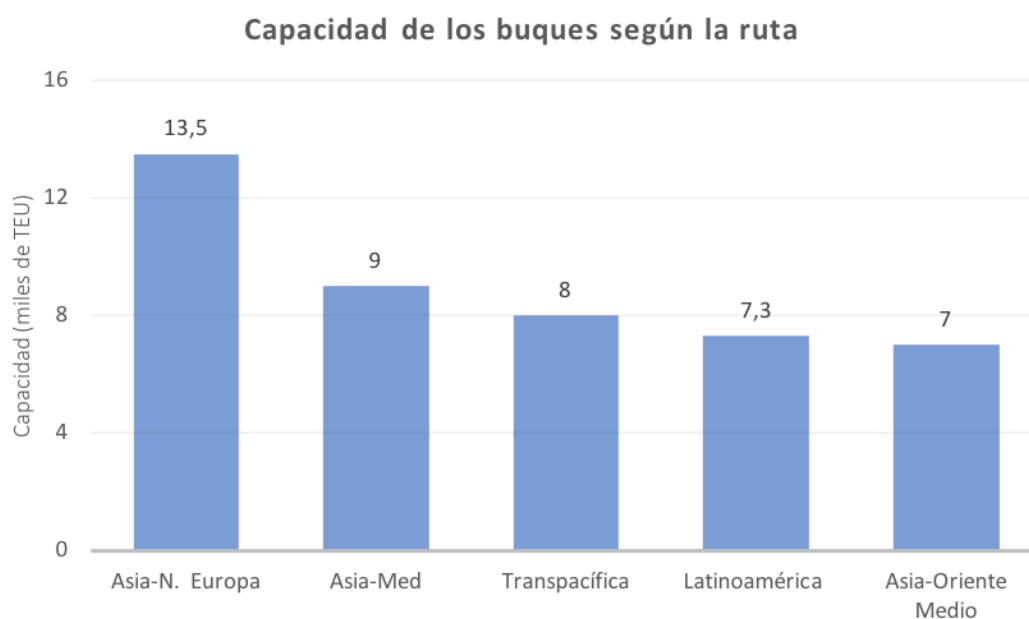


Figura 7. Capacidad media de los buques destinados a los principales tráficos (TEU).
Fuente: Elaboración propia, a partir de GRID Logistics (2015).

Sin embargo, dado el rápido crecimiento de la capacidad de los portacontenedores, que se prevé que se estabilice entre los 20.000 y los 22.000 TEU (UNCTAD, 2018), las nuevas incorporaciones se destinan a los principales tráficos (Asia-Norte de Europa), de modo que las navieras derivan los buques que operaban en estos servicios a rutas secundarias,

produciéndose así lo que se ha denominado “efecto cascada” (Figura 8). Ello ha quedado reflejado en un aumento generalizado del tamaño de los buques que afecta a todo el mundo, también a los servicios comerciales Norte-Sur, con la consiguiente presión para los puertos, que han de actualizarse para afrontar los retos derivados del crecimiento de la flota.

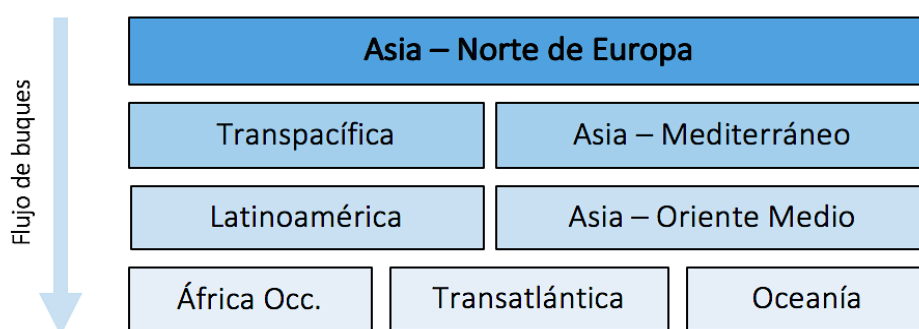


Figura 8. Efecto cascada en el aumento de la capacidad de los portacontenedores.
Fuente: Elaboración propia.

Como ya hemos adelantado, aunque existen infinitas rutas marítimas posibles, podemos agrupar los tráficos más importantes en Este-Oeste y Norte-Sur. Dentro de estos, existen una serie de rutas “prefijadas” que conforman el sistema global de comercio marítimo. Las rutas atienden, principalmente, a los flujos comerciales más importantes. Sin embargo, también dependen de factores geopolíticos (como fronteras), parámetros náuticos (navegación por círculo máximo) y geográficos, pues se configuran en función de una serie de puntos de obligado paso que suponen “cuellos de botella”. Son lo que en inglés se denomina “*choke points*”²⁵ (Alexander, 1992; Stopford, 2009).

Esta red principal de la que venimos hablando se integra con una red de rutas complementarias, que permite la interconexión entre los mercados más importantes y los secundarios. De este modo, las rutas de larga distancia conectan los centros de transbordo o “*transshipment hubs*”, que sirven a amplias regiones. Por su parte, las rutas secundarias, en las que se emplean buques más pequeños, conectan otros puertos con los centros de transbordo (véase Figura 9). Estos buques se conocen en la industria

²⁵ Los “*choke points*” son vías internacionales de navegación que presentan, a grandes rasgos, estas tres características principales: Deben ser estrechas, y debe existir la posibilidad de que sean cerradas a las actividades marítimas comerciales y militares; no deben existir alternativas fácilmente disponibles en el supuesto de cierre; y deben considerarse relevantes por parte de varios Estados (Alexander, 1992).

marítima como “*feeders*” o “*alimentadores*”, pues su cometido no es otro que el de suministrar, desde un gran puerto, a otros de menor importancia y tamaño situados en sus alrededores.

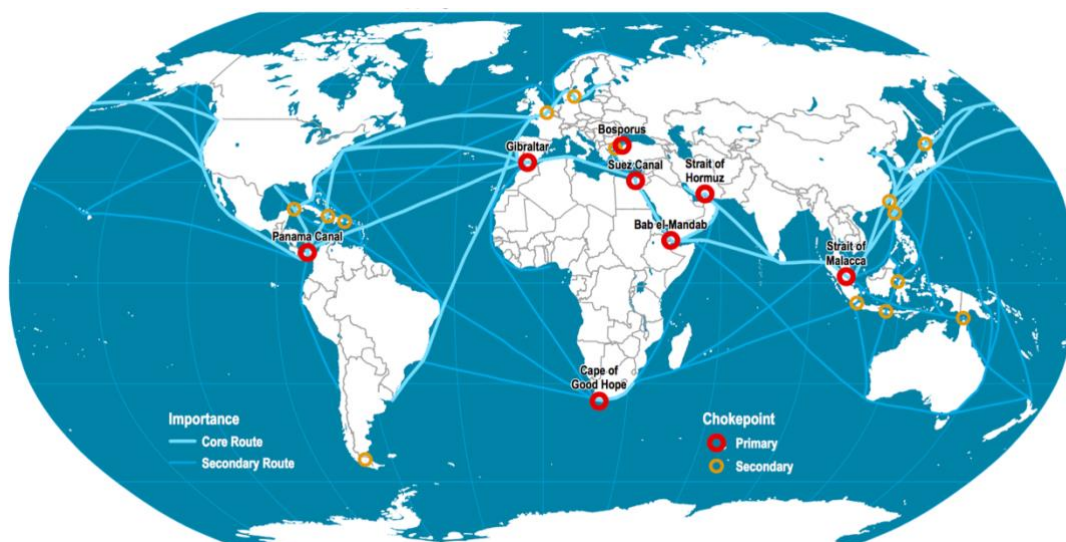


Figura 9. Principales rutas marítimas y puntos de paso.
Fuente: Rodrigue (2017).

El transbordo es la forma habitual de operar en el transporte marítimo de contenedores, de modo que el contenedor se transporta a un puerto intermedio, que sirve como nodo central, a bordo de un buque oceánico o “*mother vessel*”. Allí es descargado y transbordado a un buque que lo traslada a su destino final. Esta modalidad tiene relación, por un lado, con factores económicos, pues no resulta rentable ni operativo trabajar con los megabuques en una multitud de puertos dentro de la ruta, manipulando solo una cantidad pequeña del total en cada uno de ellos. Por otro lado, las características propias de estos buques hacen inviable que puedan recalar en muchos puertos, como ya hemos señalado previamente (Streng, 2011). Por ello, el predominio de los centros de transbordo en aguas profundas, es un fenómeno creciente y lleva asociado “*una disminución de los servicios directos en las pequeñas economías vecinas*” (UNCTAD, 2018).

La Unión Europea (UE) ha designado el transporte marítimo de corta distancia o “*Short Sea Shipping*” (SSS), como aquel que tiene lugar entre puertos europeos, y entre estos y otros puertos ubicados en terceros países ribereños de uno de los mares cerrados que constituyen fronteras europeas. Las instituciones europeas lo promueven frente a otros

sistemas de transporte terrestre con los que entra en competición directa, como solución a un transporte intermodal cada vez más congestionado (Ministerio de Fomento, 2003; Stopford, 2009; García, 2018). Por tanto, también tiene implicaciones para el cumplimiento de los objetivos de transporte de la UE en lo relativo a la reducción de los gases de efecto invernadero. Para el 2030, en la UE se ha fijado el objetivo del 30% del transporte por carretera de más de 300 kilómetros se lleve a cabo por otros medios²⁶. Es aquí donde el SSS puede desempeñar un papel primordial, y es por ello, que la UE ha puesto un especial interés en el desarrollo de las denominadas “autopistas del mar”²⁷. Estas pretenden formar parte, junto con las autopistas terrestres y las redes ferroviarias, de la red transeuropea²⁸, integradas dentro de la cadena de distribución puerta a puerta. De este modo, se podrán ofrecer servicios capaces de competir con el transporte por carretera en lo relativo a tiempos y precios²⁹.

El SSS es básicamente una navegación de cabotaje³⁰, sin embargo, el concepto va más allá, pues se pretende que las conexiones no se limiten a los servicios entre los Estados miembros, sino que también se extiendan a terceros países cercanos, así como que exista una vinculación entre los puertos y el interior. Todo ello será posible a través de conexiones eficaces, servicios de calidad y una simplificación de trámites administrativos. No obstante, aún se necesitan grandes esfuerzos para el desarrollo de

²⁶ Puede consultarse en el siguiente enlace de la web de la Dirección General de Movilidad y Transportes (DG MOVE) de la Comisión Europea: <https://bit.ly/2s5ORHo>; [Consultado 27/06/2020].

²⁷ Este concepto se incluyó por primera vez en el “Libro Blanco” de la Comisión Europea (2001). En 2011 se publicó una actualización, en la que se contempla a las “autopistas del mar” como la dimensión marítima de la red básica de transporte en Europa. Puede consultarse en el enlace <https://bit.ly/2w5FSGA>; [Consultado 26/06/2020].

²⁸ La Red Transeuropea de Transporte (TEN-T) es un conjunto de vías prioritarias de transporte que pretenden fortalecer y facilitar el movimiento de las personas y el intercambio de las mercancías dentro de la Unión. Existe más información disponible en página web oficial de la DG MOVE: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/infrastructure/trans-european_networks_es; [Consultado 26/06/2020].

²⁹ Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el transporte marítimo de corta distancia {SEC (2004) 875}. Puede consultarse en la siguiente dirección web: <https://bit.ly/2PmN5bh>; [Consultado 27/06/2020].

³⁰ Se entiende por “navegación de cabotaje”, el servicio de transporte marítimo dentro de los Estados miembros, en tráficos continentales, insulares y en servicios de abastecimiento off-shore, en los términos que establece el Reglamento (CEE) nº 3577/92 del Consejo, de 7 de diciembre, por el que se aplica el principio de libre prestación de servicios de cabotaje marítimo.

este proyecto europeo, ya que solo algunas de las autopistas proyectadas se encuentran, hoy en día, en funcionamiento³¹.

A modo de resumen, y antes de tratar la situación de los puertos, podríamos destacar que la capacidad de transporte ha ido progresivamente en aumento, con excepciones puntuales como la crisis de 2008-2009. Sin embargo, este aumento de capacidad ha ido acompañada de una disminución tanto del número de buques, como de las compañías que prestan los servicios (Figura 10). Lo primero guarda relación con el aumento del tamaño máximo de los buques y las economías de escala, cuya filosofía y aplicación al transporte marítimo se han tratado detenidamente en este capítulo. Por su parte, lo segundo, es consecuencia de las fusiones y alianzas que han aglutinado la mayor parte de los volúmenes que se ofrecen en las principales rutas marítimas.

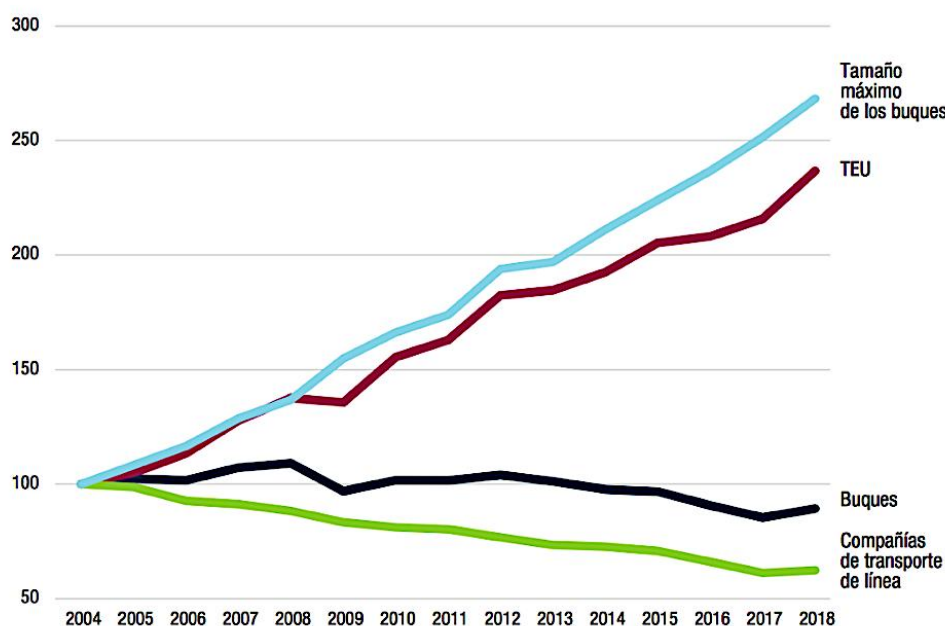


Figura 10. Tendencias en la flota de portacontenedores.

Fuente: UNCTAD (2018).

³¹ Un ejemplo son las que conectan Vigo y Gijón con Francia, a través de los puertos de St. Nazaire y Nantes. Puede consultarse en la web <https://bit.ly/392f9JA>; [Consultado 29/06/2020].

3. Sistemas portuarios y terminales

Los puertos son áreas geográficas protegidas que reúnen una serie de condiciones físicas y técnicas que permiten el atraque de los buques y el desarrollo de operaciones de carga y descarga (Stopford, 2009). No obstante, el concepto va más allá, pues no solo abarca el conjunto de espacios físicos necesarios, marítimos y terrestres, sino también las instalaciones y condiciones organizativas necesarias para que puedan llevarse a cabo operaciones de tráfico portuario³². Estas condiciones definen el rol y las funciones de un puerto, a través de cuatro parámetros principales (Rodrigue 2017), previstos también en la normativa española:

- En primer lugar, su localización, importante desde el punto de vista de las características físicas del puerto. Estas definen el tipo de buque que puede recalar en él y las operaciones que pueden llevarse a cabo. También constituye un factor importante en relación con la interfaz que pueda existir entre los dominios marítimo y terrestre, pues los sistemas de transporte terrestre deben estar integrados de manera eficiente en las operaciones portuarias, de modo que la intermodalidad sea efectiva. Debemos tener en cuenta que los puertos son parte importante en *“los procesos de producción globalizados, el acceso a los mercados y la integración efectiva en la economía”* (UNCTAD, 2018).
- Las operaciones portuarias, que requieren de los medios y organización necesarios para que se lleven a cabo manteniendo el equilibrio entre eficiencia, economía y seguridad. En este sentido, resulta fundamental que los puertos cuenten con infraestructura especializada para el tipo de operaciones que desarrollan y los tráficos y volúmenes que atienden (Stopford, 2009). Un mismo puerto puede estar dedicado a diferentes tráficos y mercancías (polifuncionales), o bien estar especializado únicamente en un tipo de carga (monofuncionales). En cualquier caso, se trata de puertos comerciales, puesto que en ellos se desarrollan actividades comerciales portuarias, que incluyen operaciones de

³² Vid. Arts. 2.1. y 2.2. del Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante, en adelante referido como TRLPEMM.

estiba/desestiba, carga/descarga, transbordo y almacenamiento (art. 3 TRLPEMM).

- Otro elemento importante es la gestión y administración, es decir, el marco normativo de las organizaciones responsables de proporcionar los muelles, diques y otras inversiones o servicios en los puertos y terminales marítimas. Son las denominadas “autoridades portuarias”, que surgieron a principios del siglo XX para unificar la gestión de los puertos en áreas tan diversas como las infraestructuras, las inversiones o la organización, entre otras.

Dependiendo del país, las autoridades portuarias pueden ser entidades estatales, organizaciones gubernamentales o compañías privadas. Asimismo, pueden ofrecer sus servicios de forma directa o indirecta, mediante la asignación de la prestación de algunas funciones a empresas privadas. En España, las Autoridades Portuarias son organismos públicos, que dependen del Ministerio de Fomento, a través de Puertos del Estado (art. 24.1. TRLPEMM). No obstante, las terminales portuarias, incluidas por tanto las de contenedores, pueden estar operadas por compañías privadas, en virtud de concesiones administrativas (art. 101 TRLPEMM).

En la actualidad, las autoridades portuarias actúan como administradoras del conglomerado de actores y partes interesadas que constituyen la comunidad portuaria, reservándose también actividades de promoción y marketing de los puertos. Además, están siendo participantes activos en el desarrollo de sistemas de información que permitan una mayor interacción entre los agentes implicados en la cadena logística.

- Por último, hay que considerar que los puertos añaden valor a las cadenas de transporte y suministro, lo que ha propiciado que en las áreas portuarias se ubiquen actividades industriales y petroquímicas, que se complementan con otras industrias auxiliares y con una amplia variedad de actividades de distribución de la carga.

Todas estas dimensiones otorgan a los puertos tal condición. Como hemos expuesto, el concepto de puerto no solo se limita al espacio físico como tal, sino que incluye también

una serie de requisitos relacionados con sus instalaciones, su conectividad, sus operaciones, su gestión y su papel como dinamizador y propulsor de otras industrias y actividades en su zona de influencia. Es por ello, que consideramos más acertado hablar de “sistemas portuarios”, pues constituyen una red en la que no solo se integran las actividades meramente marítimo-portuarias, también otro tipo de funciones de relevancia en el ámbito administrativo, económico y social. A su vez, debido a su condición de infraestructuras al servicio del comercio y el transporte marítimo, su rendimiento se encuentra condicionado de manera significativa por la evolución de la economía global (UNCTAD, 2018).

3.1. Terminales

Una terminal marítima es una zona portuaria, que puede estar comprendida por uno o varios muelles, dedicada a la manipulación de un tipo de carga en particular (Stopford 2009). Otra característica importante que presentan estas instalaciones es que constituyen un nexo entre el transporte marítimo y otros modos de transporte, para lo que deben contar con las infraestructuras, equipos y recursos necesarios³³.

Existen diversos tipos de terminales en función de su especialización, aunque a grandes rasgos podemos diferenciar entre las siguientes:

- Terminales de graneles sólidos, encargadas de las operaciones de manipulación y depósito de las mercancías transportadas en los buques graneleros (minerales, fertilizantes, cereales...). Estas deben contar con equipos básicos como grúas dotadas de cucharas, para la carga y descarga del buque, tolvas y cintas transportadoras, para el transporte horizontal dentro de la propia terminal. Las terminales de graneles secos pueden, a su vez, estar especializadas en determinados tipos de mercancías.
- Terminales de graneles líquidos, de gran importancia también debido al impacto tan relevante que tiene este tipo de carga en la economía global. Entre ellas

³³ Puede consultarse más información acerca de qué es una terminal portuaria en el siguiente enlace: <https://bit.ly/38l52zx>; [Consultado 27/06/2020].

destacan las terminales para hidrocarburos, productos químicos y gases licuados. Estas instalaciones requieren de tanques de almacenamiento, líneas y estaciones de bombeo, entre otros requisitos. Además, son especialmente sensibles desde el punto de vista de la seguridad, por las características propias de los productos en cuestión. Es por ello que cuentan con multitud de protocolos y sistemas de seguridad frente a derrames, fugas o incendios.

- Terminales de pasaje y carga rodada: Pueden estar dedicadas exclusivamente a pasajeros o carga rodada, aunque es habitual que puedan ser mixtas. En ellas operan buques transbordadores, “Ro-Ro”³⁴ y de tipo “Ro-Pax”³⁵. Deben contar con instalaciones para el embarque, desembarque y estancia de los pasajeros, así como con muelles acondicionados para la carga rodada y maquinaria adecuada para su manipulación.
- Terminales de contenedores: Son las que vamos a desarrollar detenidamente en este trabajo y surgen con la estandarización de las unidades de carga en los años sesenta. En la actualidad, se estima que alrededor de un tercio del comercio marítimo mundial se gestiona a través de este tipo de instalaciones portuarias, que manipularon en 2017 más de 752 millones de TEU, en un total de 560.000 escalas en unos 870 puertos de 141 estados (UNCTAD, 2018).

Las de contenedores son terminales muy especializadas, que han ido perfeccionando progresivamente sus infraestructuras y sistemas, y que presentan, de forma general, una disposición estándar, compuesta por diferentes áreas de operaciones.

Además de estas cuatro, pueden existir otros muchos tipos de terminales portuarias especializadas, e incluso terminales mixtas, que operen diferentes tipos de buques y mercancías (carga general), sin embargo, consideramos que esta clasificación recoge, de forma somera, las más importantes, para centrarnos, a continuación, en las terminales de contenedores.

³⁴ Acrónimo del terminología inglesa “Roll on-Roll off”. Son buques dedicados al transporte de carga rodada.

³⁵ Buque mixto para el transporte de pasajeros y carga rodada.

4. Terminales de contenedores

Las terminales de contenedores sirven como nodo para el intercambio modal en las redes de transporte, gracias a una infraestructura física e informática especializadas que permiten el manejo de los diferentes tipos de contenedores sin reparar en la carga que contienen (Arango, 2010).

En la actualidad, suelen estar gestionadas por operadores portuarios internacionales a través de concesiones. En su inmensa mayoría, estos operadores son las propias navieras. Esto les permite extender el control del flujo de mercancías sobre el conjunto de la cadena de transporte. Al mismo tiempo, posibilita un ahorro de costes cuando los márgenes de los fletes son pequeños, como ocurre actualmente.

También se dan casos en los que conglomerados o “*holdings*” financieros ejercen la gestión de terminales como un activo potencial para generar beneficios y diversificar sus actividades. Entre estas empresas se encuentran entidades bancarias y fondos de jubilación. Su administración se basa en un control indirecto, mediante el cual la adquisición de las participaciones no implica la gestión implícita de las operaciones, que puede quedar en manos de un operador especializado o una compañía subsidiaria (Notteboom y Rodrigue, 2012).

En 2018, los principales operadores a nivel mundial eran los que se muestran en la Figura 11, si atendemos al rendimiento del conjunto de sus instalaciones, en millones de TEU.

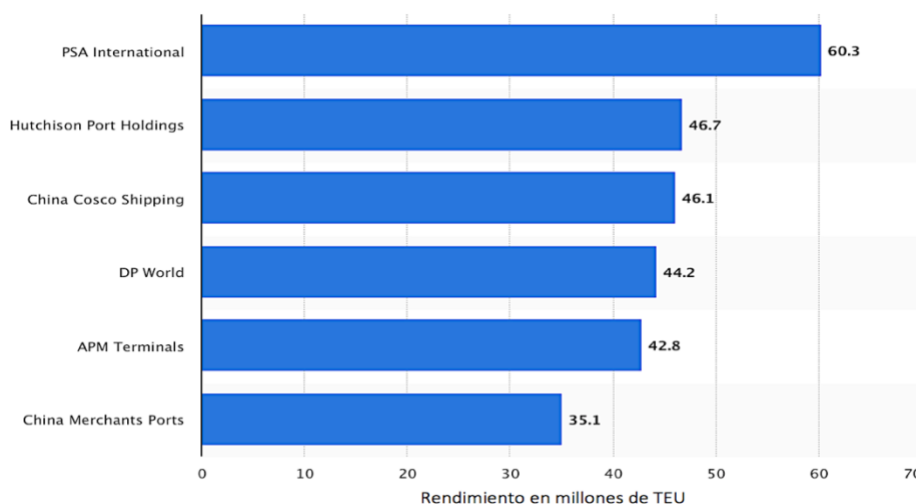


Figura 11. Operadores globales de terminales de contenedores por rendimiento.
Fuente: Statista (2018).

Además, se da la circunstancia de que estas empresas están presentes en los principales puertos europeos (Figura 12). En algunos de estos puertos, incluso existe competencia entre dos o más operadores internacionales de terminales.

	Puerto	Hutchinson	PSA	DPW	APMT	Cosco	MSC/TIL	CMA	Eurogate	HHLA	HMM
1	Rotterdam										
2	Amberes										
3	Hamburgo										
4	Bremen										
5	Valencia										
6	El Pireo										
7	Algeciras										
8	Felixtowe										
9	Barcelona										
10	Marsaxlokk										

Figura 12. Presencia de los principales operadores globales de terminales de contenedores Europa.

Fuente: Elaboración propia, a partir de PortEconomics (2019)³⁶.

4.1. Disposición general

Las terminales de contenedores se conforman como sistemas abiertos de flujo material compuestos por dos áreas o interfaces externas: el muelle, donde se lleva a cabo la carga y descarga de los buques; y el sector de tierra, donde los contenedores se apilan y almacenan, o se cargan y descargan de los medios de transporte terrestre (Steenken et al., 2004).

De este modo, se generan dos tipos de operaciones. En primer lugar, las que se realizan a pie de muelle, el transbordo de contenedores y los movimientos entre el muelle y la zona de almacenamiento, denominada patio o *“container yard”*. En segundo lugar, las que implican procesos de intercambio entre el patio y el exterior de la terminal, a través

³⁶ Se han considerado los diez puertos de contenedores más importantes de Europa en 2018. Puede consultarse en el enlace <https://bit.ly/2F9hSU5>; [Consultado 28/06/2020].

de la puerta, para entrada y salida de camiones, y el ferrocarril. Estos implican una relación directa entre la terminal y su *"hinterland"*. Este concepto es clave en la geografía del transporte, pues define la influencia de un puerto o una terminal en relación con su mercado regional, delimitando el área sobre la cual presta sus servicios e interactúa con usuarios y clientes. En su configuración es preciso tener en cuenta la región a la que resulta viable extender los servicios de la terminal, lo que está directamente relacionado con los medios de transporte disponibles. La competitividad en este sentido es importante para extender su influencia más allá de los mercados para los cuales la terminal resulta el acceso más fácil o cercano (Debie y Guerrero, 2006).

De forma análoga, toda terminal posee un *"foreland"*, es decir, una red de puertos con los que está conectada a través de servicios de transporte marítimo. En los puertos de transbordo, el gran impacto de los servicios *feeder* les confieren un hinterland indirecto.

Por tanto, teniendo en cuenta los dos tipos de operaciones que se generan, aparecen cuatro subsistemas o procesos independientes (Figura 13), que pueden agruparse, fundamentalmente en:

1. Operaciones en el muelle: Carga y descarga
2. Transporte horizontal
3. Almacenamiento y movimientos internos
4. Recepción y entrega

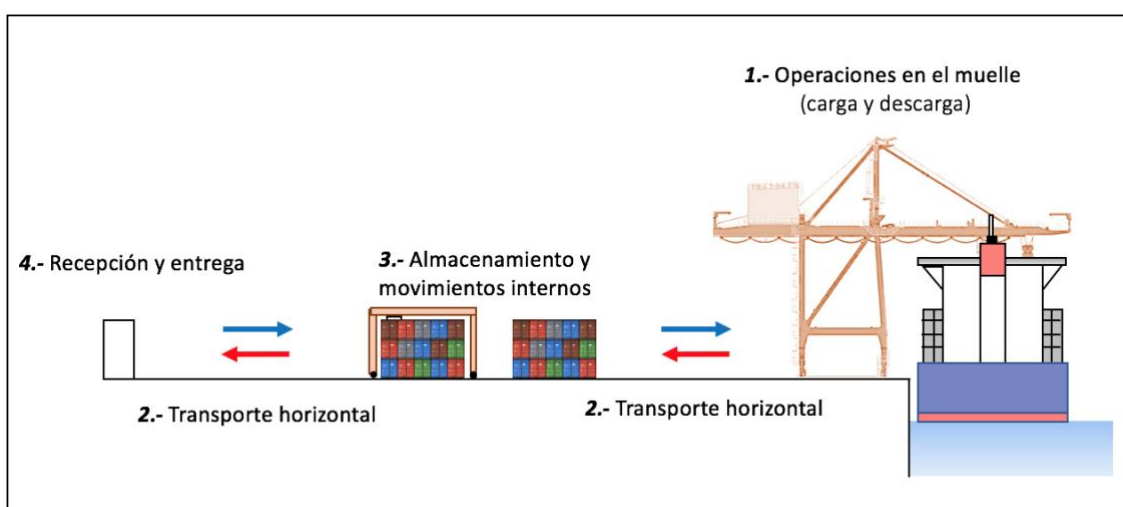


Figura 13. Subsistemas en una terminal de contenedores.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la disposición general de las diferentes áreas dentro de una terminal de contenedores, cabría destacar que el patio suele reservarse mayoritariamente para el apilamiento en altura, en diferentes bloques separados en bahías (“bays”), filas (“rows”) y andanas (“tiers”). Al igual que a bordo de los buques, este sistema permite identificar la posición de un determinado contenedor. A su vez, es frecuente que los bloques puedan estar diferenciados en función del destino (importación/exportación) o particularidades de los contenedores que se encuentran apilados (frigoríficos, vacíos...). Por su parte, algunas zonas pueden reservarse para contenedores con características especiales que no permiten el apilamiento convencional (sobremedidas, contenedores dañados...).

En algunas terminales pueden existir instalaciones para la consolidación o grupaje de la carga y almacenamiento. Son las “CFS” (*Container Freight Station*), que también puede contar con una zona franca en su interior, y que representan una actividad complementaria que proporciona valor añadido a la terminal, mediante la prestación de un servicio adicional al cliente³⁷.

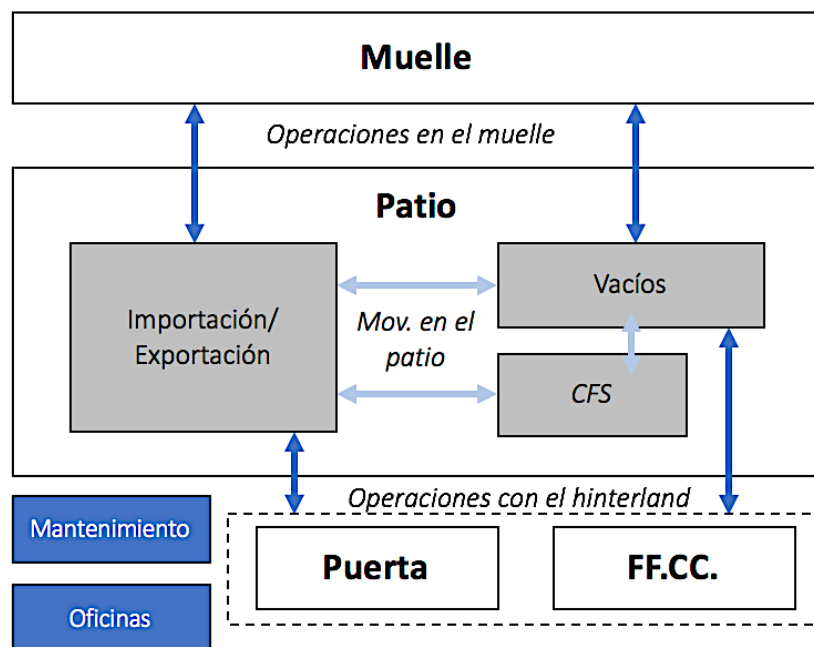


Figura 14. Disposición general de una terminal e interacciones más destacadas.
Fuente: Elaboración propia, a partir de Steenken et al. (2004).

³⁷ Puede consultarse a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/35hqWAT>; [Consultado 28/06/2020].

De forma general, se dan dos configuraciones de patio, en función de la posición de los bloques de apilamiento con respecto al muelle. Así, dependiendo de diversos factores, como la región en la que se encuentra la terminal, las características físicas del espacio que ocupa, las demandas de las empresas de transporte, o el equipamiento y maquinaria del que dispone, podemos distinguir entre patios paralelos y perpendiculares al muelle (Martín, 2014).

4.2. Equipamiento

Las terminales de contenedores requieren de un equipamiento y maquinaria muy específicos, que comprende diferentes tipos de grúas y medios de transporte horizontal. Los más relevantes son los que se describen a continuación.

En primer lugar, en el muelle, se emplean grúas pórtico para la carga y descarga de los buques (Figura 15). Estas son más conocidas como “*portainers*” o grúas “*STS*” (*Ship-to-shore*), y están compuestas por una estructura vertical con cuatro patas, capaz de trasladarse paralelamente al muelle por raíles, y un brazo o pluma. A lo largo de esta se desplazan la cabina del gruista y un carro equipado con un dispositivo que permite el izado de los contenedores “*spreader*”.

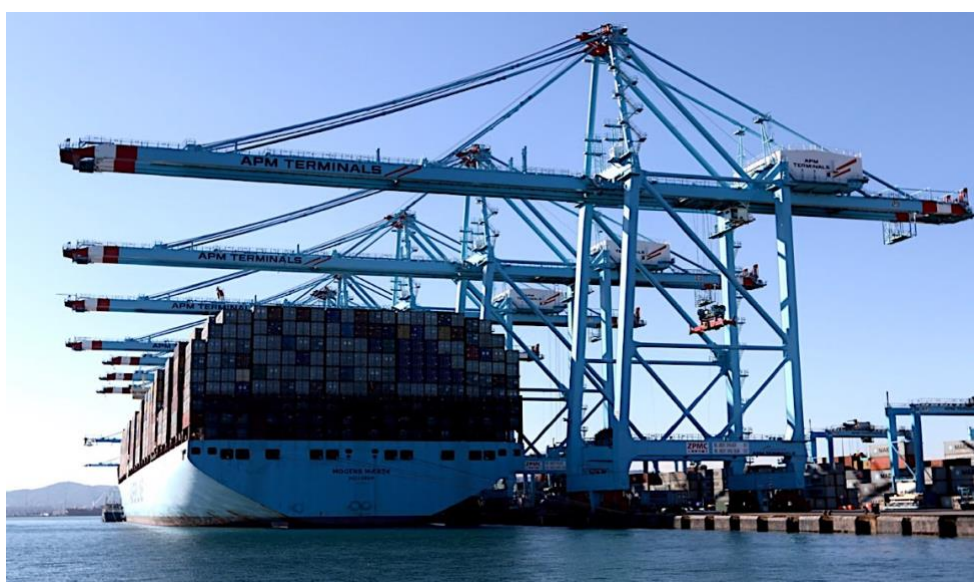


Figura 15. Grúas pórtico en la terminal de contenedores de APM en Algeciras.
Fuente: APM Terminals (2020)³⁸.

³⁸ De la web de APM Terminals: <https://bit.ly/333JJ3m>; [Consultado 27/06/2020].

El *spreader* es un dispositivo telescópico, capaz de acoplarse a contenedores de 20, 40 y 45 pies. Está dotado de cuatro “*twistlocks*” o tacillas, elementos cónicos en forma de T invertida que se introducen en las cantoneras del contenedor y permiten la manipulación segura del mismo, pues giran en el interior de la cantonera quedando la T atravesada. Algunos cuentan también con cuatro *twistlocks* adicionales en la parte central, permitiendo así el izado simultáneo de dos contenedores de 20 pies (modo “*twin*”). Asimismo, los *spreaders* de las *portainers* están equipados con unas aletas o “*flippers*”, también abatibles, que permiten guiarlo y centrarlo cuando se coloca sobre el contenedor (Sagarra et al., 2004).

En relación con la estructura de las STS, podemos distinguir entre aquellas que cuentan con un solo carro para el movimiento de los contenedores del buque a tierra (convencionales), y las que están equipadas con un doble sistema de carro. En estas últimas, el carro principal en la pluma de la grúa, operado por un gruista, traslada el contenedor del buque a una plataforma, mientras el carro secundario, que es automático, lo mueve desde esta plataforma hasta tierra (Steenken et al., 2004).

Existen diversos tipos de grúas STS, con características diferentes en relación con las cargas que pueden izar y la altura y alcance máximos que pueden operar. Los megabuques superan la nueva cota Panamá³⁹, al transportar hasta 24 filas de contenedores de babor a estribor, haciendo una manga de 62 metros. Además, pueden cargar hasta 12 contenedores en altura sobre cubierta, que se suman a las 12 alturas transportadas en bodega, de forma que pueden alcanzar más de 30 metros de puntal y superar los 75 metros de calado aéreo. De este modo, no todas las terminales pueden operar este tipo de buques, pues no basta con un puerto que reúna los requisitos técnicos para atenderlos, también es necesario contar con la maquinaria adecuada y esto, a su vez, requiere de enormes inversiones.

Los principales puertos de contenedores del mundo se han visto presionados a la hora de adaptar su maquinaria e instalaciones a los nuevos *ULCVs*, con la adquisición de nuevas grúas STS o con el recrecimiento de unidades ya existentes. Es por ello que

³⁹ Tras la ampliación del Canal entre 2009 y 2016, las nuevas esclusas miden 54,9 metros de manga, y permiten el tránsito de buques “*Neo-Panamax*”, con hasta 18 metros de calado. Puede consultarse en la web <https://bit.ly/2MOXiww>; [Consultado 28/06/2020].

coincidimos con la UNCTAD (2018) al considerar que los beneficios para los puertos no han evolucionado a la par que para las navieras. En este aspecto, la consolidación de las alianzas y el aumento del tamaño de los buques, han generado una nueva dinámica en la que las compañías ejercen mayor influencia y capacidad de negociación en su relación con los puertos. Esto ha propiciado una intensa competencia por conseguir escalas.

Para el traslado de los contenedores del muelle al patio, y viceversa, encontramos una gran variedad de medios de transporte horizontal. De forma general, podemos distinguir entre aquellos vehículos que no son capaces de izar contenedores por sus propios medios (pasivos), como cabezas tractoras y bateas; y los que cuentan con los dispositivos necesarios para manipular contenedores por sí mismos, como *“forklifts”*, *“reachstackers”* o *“SC” (Straddle/Schuttle Carriers)*. Estas últimas son las más relevantes, pues no solo permiten transportar los contenedores, sino también apilarlos en el patio hasta 3 o 4 alturas (Steenken et al., 2004).



Figura 16. Schuttle carrier.
Fuente: TTI Algeciras (2020)⁴⁰.

En cuanto a las grúas que se emplean en el patio para el apilamiento de los contenedores, podemos diferenciar entre aquellas que están dotadas de neumáticos de goma, *“RTG” (Rubber Tired Gantry Cranes)*, y las que operan sobre raíles, *“RMG” (Rail Mounted Gantry cranes)*. Normalmente, pueden estibar los contenedores hasta 4-10 en

⁴⁰ Disponible en la web de TTI Algeciras: <http://www.ttialgeciras.com>; [Consultado 29/06/2020].

altura y entre 8 y 12 de ancho. Dentro del primer grupo, podemos resaltar las “*transtainers*”, que pueden cambiar de calle gracias a que sus ruedas son capaces de girar 90 grados, lo que les confiere una gran flexibilidad. Por su parte, dentro de las RMG cabría destacar las “*ASC*” (*Automatic Stacking Container*), que como su propio nombre indica, son además automáticas.



Figura 17. Grúas ASC en el patio de la terminal TTI en el puerto de Algeciras.
Fuente: TTI Algeciras (2020).

Como hemos visto, existe una enorme variedad de combinaciones de equipos en las terminales de contenedores. La elección de unos u otros depende de diferentes factores, aunque existe cierta tendencia a la semi-automatización de las terminales, siguiendo una distribución de los bloques de apilamiento en el patio perpendicular al muelle, con vistas a optimizar los recursos del transporte horizontal, consiguiendo, al mismo tiempo, una reducción de los costes operativos.

4.3. Procesos

La operativa de un buque en una terminal de contenedores únicamente es posible si, previamente, se llevan a cabo una serie de procesos que permiten la asignación de una ventana (atraque, hora) y unos recursos, así como la elaboración de una secuencia de trabajo para la carga y descarga prevista en esa escala. Debido a la complejidad de la

logística, especialmente en las grandes terminales, y a que la mayoría de los procesos no pueden preverse, de forma generalizada, con demasiada antelación, se pone en relieve la necesidad de optimización (Steenken et al., 2004).

La planificación comienza por asignar al buque un atraque con antelación a su llegada. Para ello, las navieras envían los datos relativos a las escalas de forma electrónica, siguiendo estándares internacionales⁴¹. Previamente, se establece una “*proforma*” o acuerdo entre la terminal y la naviera, que solicita una ventana para un nuevo servicio, o bien la modificación de las escalas de un servicio ya existente. La solicitud debe contemplar un día y una franja determinados, que son susceptibles de ser modificados hasta que se cierran las ventanas en todos los puertos de la rotación.

Para la configuración de la ventana es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de buque, especialmente desde el punto de vista de su capacidad y características principales (eslora).
- Promedio de movimientos estimados, de carga y descarga. Idealmente, se pretende que el balance entre la carga y la descarga sea lo más neutro posible, de modo que no tenga un impacto negativo en la densidad del patio. No obstante, algunos puertos o servicios generan más carga que descarga, y al contrario, por lo que cada cierto tiempo pueden planificarse viajes para reequilibrar los tráficoes (Rúa, 2006).
- El “*Crane Split*”, un parámetro que determina el número máximo de grúas que pueden operar conjuntamente en un buque, de modo que los movimientos estén igualados y finalicen, relativamente, al mismo tiempo. Para realizar el cálculo, primero debemos tener en consideración el “*bay*”⁴² que, junto con su

⁴¹ El intercambio electrónico de datos en el ámbito administrativo, del comercio y el transporte se lleva a cabo con los estándares de las Naciones Unidas, a través del sistema EDIFACT (“*Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport*”).

⁴² Cada uno de los compartimentos en los que se divide un buque portacontenedores, incluyendo la cubierta y la bodega.

adyacente, tenga el mayor número de contenedores⁴³ de carga y descarga, denominándose al conjunto “*blockstow*”. A continuación, el cálculo se realizaría dividiendo el total de movimientos de contenedores del buque (carga y descarga) entre el *blockstow* (Figura 18).

En la práctica, el *crane split* puede presentar algunas limitaciones relativas a las propias características de los buques y las grúas.

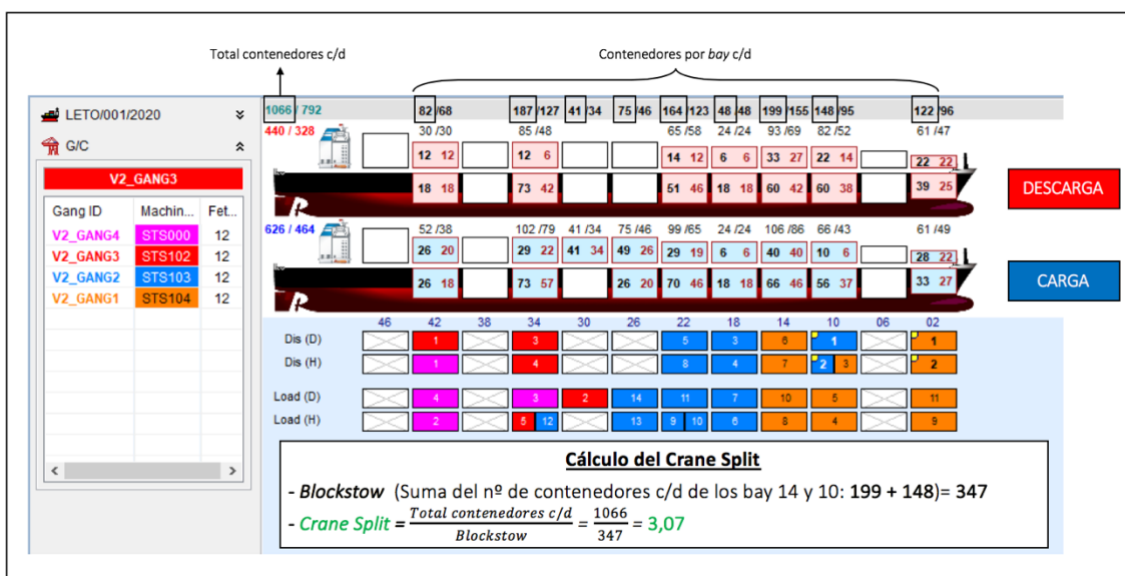


Figura 18. Cálculo del *Crane Split*.
Fuente: Facilitado por TTI Algeciras.

El *crane split*, junto con la media de movimientos por hora realizados por las distintas grúas (*gmph*)⁴⁴, nos permite determinar también las horas de trabajo que se requieren, y con ello, las manos portuarias⁴⁵, en función de la duración de los turnos (véase Ecuación 2).

⁴³ Se debe matizar que, a efectos de cálculo, consideramos que, por cada movimiento, se iza un solo contenedor, sin contemplar el sistema “*twin*”, por el que se cargan o descargan 2 contenedores de 20 pies en una sola izada.

⁴⁴ Nos remitimos al apartado 4.4.1 del capítulo 4. Se tiene en cuenta un promedio de producciones basado en escalas anteriores, tipo de buque o servicio.

⁴⁵ Se denomina colla o mano portuaria al conjunto de estibadores que realizan las distintas funciones de estiba y desestiba, dentro de una jornada laboral cuya duración y composición puede variar en función del convenio en vigor. Los miembros de la colla tienen diferentes especialidades dentro del grupo, según las circunstancias y el puerto, como pueden ser las de capataz, gruista, peón, controlador de mercancía o amantero.

$$\text{Horas trabajo} = \frac{\text{Crane Split}}{\text{gmpH medio}} \rightarrow \text{Manos portuarias} = \frac{\text{Horas trabajo}}{\text{Duración turno}} \quad (2)$$

Por otro lado, uno de los procesos más importantes es la planificación de la estiba. Para ello, se elabora por parte del buque un plano de estiba o “*bay-plan*” en el que se contemplan todos los puertos de la rotación (Figura 19). Uno de los objetivos primordiales de la naviera será minimizar el número de remociones⁴⁶, aunque optimizando la capacidad del buque. Se trata, pues, de un equilibrio complejo en el que debemos valorar los costes de la remoción, económicamente y en tiempo, sobre todo en los grandes megabuques en los que, como ya mencionamos anteriormente, los beneficios se basan en las economías de escala y, por ello, es fundamental aprovechar al máximo la capacidad de carga. Desde el punto de vista de la terminal, a priori las remociones en el buque suponen una facturación adicional, no obstante, de acumularse temporalmente en el patio, pueden ralentizar la operativa, influyendo negativamente en una serie de parámetros que analizaremos detenidamente en el siguiente apartado.

El problema de las remociones a la hora de realizar un *bay-plan* es “dinámico”, puesto que, como recoge Rúa (2006), en cada nueva escala, se cargarán nuevos contenedores que podrán tener por destino cualquier puerto de la rotación.

El “*BAPLIE*” (*Bay Plan Including Empties*) es el documento electrónico *EDIFACT* mediante el cual la terminal recibe la información del plano de estiba del buque. Además de las posiciones exactas de los contenedores, también incluye una serie de datos generales sobre estos, como el peso, tipo de contenedor o si transporta mercancía peligrosa. El BAPLIE debe recibirse con cierta antelación, en función de los procedimientos de la propia terminal, del buque y el servicio, puesto que servirá al “*planner*” de la terminal como base para elaborar la secuencia de trabajo. Para ello, no solo habrá que considerar la estiba del buque, también la situación del patio. En este sentido, no solo se requiere haber procesado el BAPLIE, también es imprescindible recibir el fichero “*COPRAR*”

⁴⁶ Movimientos consistentes en retirar un contenedor destinado a otro puerto para poder manipular el que se encuentra debajo de este. Estos movimientos pueden ser entre posiciones diferentes dentro del propio buque, o bien, el contenedor se descarga en tierra para, posteriormente, ser cargado nuevamente en el buque.

marítimos⁴⁷. Otro distribuidor de sistemas con una presencia destacada es “CyberLogitec”, que ha desarrollado el programa “OPUS/ATHOS”⁴⁸. Todo lo anterior resulta en una orden de trabajo que define la secuencia de carga y descarga de cada contenedor (véase Figura 20).

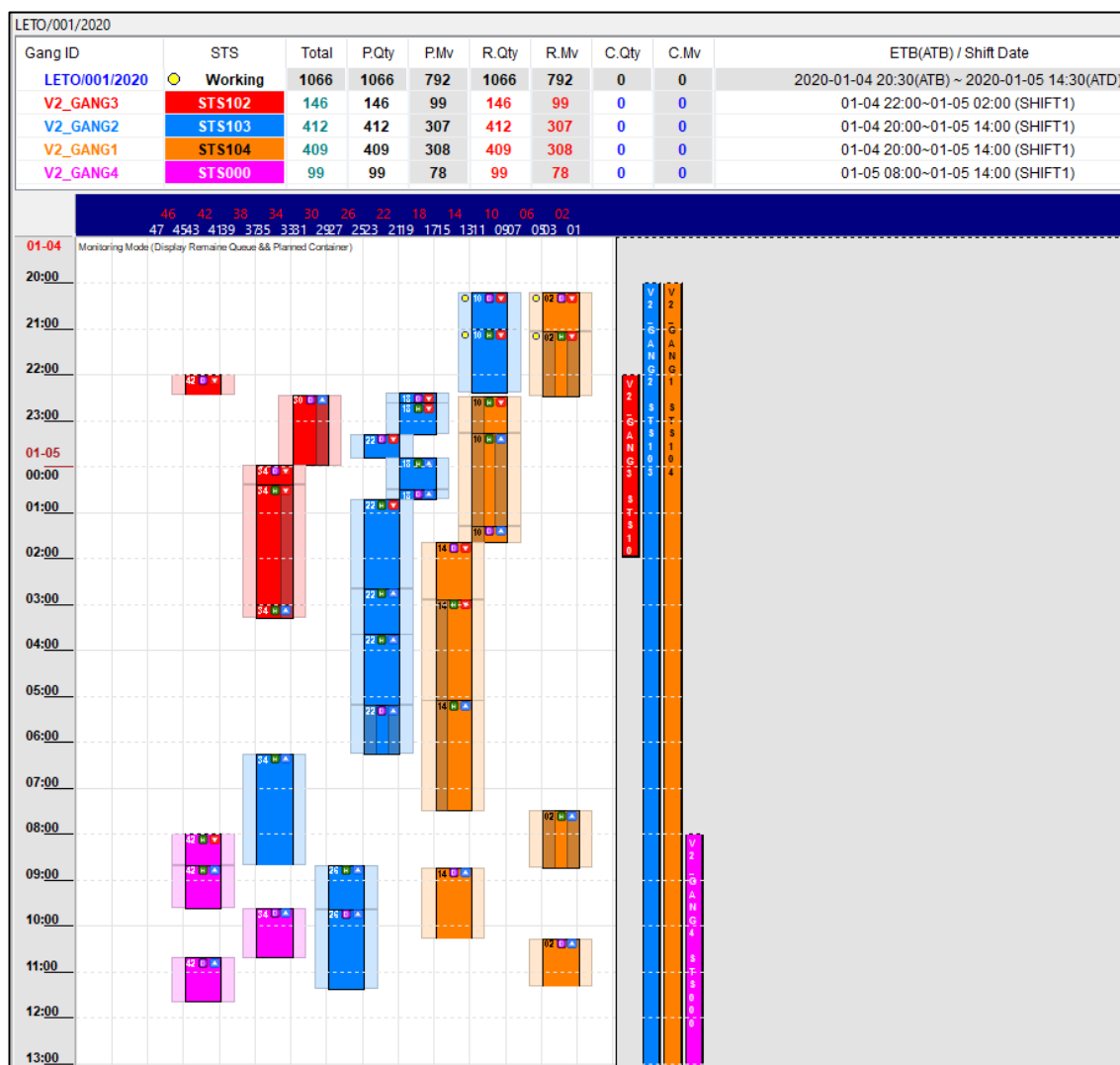


Figura 20. Seguimiento de la operativa de un buque en la terminal de TTI-A.

Fuente: Facilitado por TTI Algeciras.

Teniendo en cuenta las características físicas del barco y del equipamiento de la terminal, la orden de trabajo puede presentar algunas restricciones. Estas pueden estar relacionadas con la altura a la que vienen cargados los contenedores, especialmente en

⁴⁷ El sistema *N4* de *Navis* está implementado en más de 340 terminales de 80 países de todo el mundo. Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/2UEyVpZ>; [Consultado 27/06/2020].

⁴⁸ Para más información acerca del *TOS* desarrollado por *CyberLogitec* puede consultarse la siguiente dirección web: <https://www.cyberlogitec.com/port/opus-terminal/>; [Consultado 28/06/2020].

los *ULCVs*. En este sentido, influyen la situación del buque, en cuanto a calados y asiento, la marea, y las particularidades técnicas de la grúa STS. Otra limitación puede venir impuesta por razones de seguridad, en aquellos buques que no disponen de protección para el personal estibador que se encuentre realizando labores de trinca/destrinca. En este caso, se evitará tener abierta la tapa de escotilla adyacente a la bodega en la que se estén realizando dichas labores.

4.4. Principales KPI's en las terminales de contenedores

En la economía del transporte marítimo todo se reduce al tiempo. Los buques están destinados a navegar y las estancias en puerto, si bien son una parte fundamental y necesaria en la propia dinámica del transporte, suponen una pérdida económica para las navieras, por lo que resulta vital optimizar las escalas, de modo que los servicios que se presten al buque, así como las operaciones de carga y descarga, se realicen de forma eficaz y eficiente. Como venimos señalando, los beneficios que el gigantismo y las economías de escala han aportado a la industria naviera han generado, a su vez, una importante presión para las terminales de contenedores. De este modo, a la demanda de nuevas infraestructuras portuarias, hay que añadir el hándicap que supone para el muelle y el patio la necesidad de manipular un mayor número de contenedores en un corto periodo de tiempo (UNCTAD, 2018).

En este panorama, el aprovechamiento de los recursos y los medios de la forma más adecuada posible se vuelve imprescindible, de ahí que las grandes empresas evalúen continuamente si las acciones puestas en marcha en las diferentes áreas de negocio progresan según los objetivos definidos. Para ello, se establecen una serie de parámetros que permiten determinar el nivel de rendimiento de un proceso, en relación con unos fines prefijados. Estos son los denominados indicadores de rendimiento o "*KPI's*" (*Key Performance Indicators*), que permiten definir además futuras acciones en base a la valoración de sus resultados.

En el caso de las terminales de contenedores, podemos considerar cinco *KPI's* principales. Cabe destacar también que estos nos permiten establecer una comparativa ponderada entre terminales o puertos competidores (Vacca et al., 2007).

4.4.1. Productividad por grúa, gmph

Este índice, conocido por su denominación en inglés *“Gross Movements Per Hour”*, hace referencia al número de contenedores movidos por hora, considerando para ello el total de horas de trabajo realizadas por el conjunto de las grúas nombradas, desde que comienzan las operaciones hasta que finalizan (*“gross hours”*)⁴⁹.

Se trata de un KPI puramente operativo de la terminal, que puede verse afectado negativamente por tiempos no productivos como los cambios de turno, carga y descarga de las tapas de escotilla, trincaje y destrincaje o perturbaciones operativas, así como por congestión en el transporte horizontal. En este sentido, cabe resaltar que un mayor número de vehículos para el transporte de los contenedores del muelle al patio, y viceversa, no tiene por qué repercutir necesariamente de forma positiva en la productividad, ya que las posibilidades de congestión aumentan e intervienen además otros factores, como el tipo de barco, el estado de saturación del patio, o incluso la habilidad del gruista. Por su parte, un incremento de la velocidad de estos medios puede tener un efecto similar (Steenken et al., 2004).

Además de todo ello, emplear más recursos se traduce en costes adicionales, por lo que la operativa se vuelve menos competitiva de cara al cliente. Podemos encontrar terminales que no incluyen en el total de horas de trabajo algunas de las circunstancias mencionadas anteriormente, como los tiempos muertos o las averías, no obstante, el índice resultante sería la productividad neta por grúa o *“nmph” (Net Movements Per Hour)*.

4.4.2. Productividad de escala, BP o bmph

El *“Berth Productivity”* tiene en cuenta el total de contenedores movidos en un periodo de tiempo denominado *“Port Stay”*, que abarca el número total de horas en el muelle a lo largo de las cuales se han desarrollado operaciones de carga y descarga⁵⁰. Guarda

⁴⁹ Para la suma de horas de trabajo, quedan exentas las operaciones con *“breakbulk”*.

⁵⁰ Por ello, no se tienen en cuenta, a efectos de cómputo del *“Port Stay”*, otro tipo de operaciones que el buque pudiese estar llevando a cabo en el muelle, como *“bunkering”* o reparaciones, entre otras.

relación con el *gmph* puesto que, si aumenta la productividad por grúa, se reduce el número total de horas de trabajo, y con ello, la estancia del buque para operaciones en el muelle, aumentando el *BP*. Esto también podría conseguirse aumentando el número de grúas STS si la estiba lo permite y, por supuesto, con una combinación de ambas, es decir, con un mayor número de grúas realizando más producción, siendo esta la situación más óptima posible.

La productividad de escala es especialmente relevante como *KPI* para las navieras, interesadas en optimizar todo lo posible la permanencia de los buques en puerto. Es por este motivo que incluso se establecen objetivos de *Berth Productivity* en los acuerdos entre navieras y terminales a la hora de fijar un servicio, estando incluso sujeto su incumplimiento a penalizaciones. Además, de forma indirecta esto también repercute en los intereses de la terminal, en la medida que unos mejores niveles de *BP* implican que la línea de atraque podrá estar disponible durante más tiempo, dando cabida a más servicios. En este sentido, debemos tener en cuenta también su capacidad (*“Berth Capacity”*), que viene determinada por una serie de variables relacionadas a través de la siguiente expresión (Ecuación 3);

$$\text{Capacidad línea de atraque} = gmph \cdot n^{\circ} STS \cdot t \cdot Disp_{grúas} \cdot Ocup_{atraque} \cdot TF \quad (3)$$

Donde se hace referencia a la productividad por grúa (*gmph*) y al número de STS de las que dispone la línea de atraque, teniendo en cuenta que no todas estarán disponibles (por mantenimiento y otras circunstancias programadas e imprevistas). Además, también se considera el periodo para el que se calcula, la tasa de ocupación del muelle y el *“TEU factor”*, que es la relación entre el número de TEUs y el número de contenedores manipulados.

La tasa de ocupación o *“Berth Occupancy”* es un factor importante, que nos proporciona información acerca del tiempo durante el que dicho muelle se encuentra ocupado, considerando el tiempo total de disponibilidad. De este modo, podemos estimar si la línea de atraque se encuentra congestionada o si, por el contrario, se están infrautilizando los recursos disponibles. La tasa óptima de ocupación debe situarse entre el 60 y el 70% (CAG, 2009).

Por otro lado, la relación entre el *bmph* y el *gmph* nos proporciona, a su vez, otro índice importante, que indica el número medio ponderado de grúas STS con las que se ha trabajado en un buque concreto durante toda su operativa (véase Ecuación 4). A este ratio se le denomina “*Densidad de grúas*” o “*Crane density*”, y su relación con los parámetros anteriores es básica a la hora de determinar los rendimientos operativos de un buque.

$$Densidad\ de\ grúas = \frac{bmph}{gmph} = \frac{horas\ trabajo}{horas\ muelle} \quad (4)$$

4.4.3. Coste por movimiento, cpm

Otro *KPI* importante con un impacto directo sobre los intereses del cliente es el coste del movimiento o coste unitario, que viene determinado por los costes totales de la operativa y por la suma del conjunto de movimientos realizados durante la misma.

En relación con los costes totales, cabe señalar que presentan una parte fija y una variable. Dentro de la primera, las principales partidas están representadas por los costes derivados del personal propio, la adquisición y mantenimiento de la maquinaria y la concesión administrativa del espacio que ocupa la terminal dentro del dominio público portuario. Por su parte, dentro de los costes variables cabría destacar el gasto en combustible, lubricante y electricidad, o la estiba.

Los costes variables suelen ser los más relevantes, y dentro de estos, la partida más importante está representada por el coste de las manos portuarias. Además, debemos tener en cuenta que la parte variable del coste por movimiento depende, en cierta medida, de la producción. De esta forma, podríamos considerar que existe un valor óptimo de *gmph* a partir del cual, un incremento de la producción podría implicar que los costes se viesan también aumentados, en tanto se intensifican las necesidades de recursos, como personal o maquinaria.

4.4.4. Eficiencia global de los equipos, OEE

La eficiencia global de los equipos (*“Overall Equipment Effectiveness”*) tiene en cuenta la disponibilidad, rendimiento y calidad de los mismos, determinado el aprovechamiento integral de los recursos industriales para identificar los factores que limitan una mayor efectividad. Todo ello resulta vital en una terminal de contenedores, puesto que la prestación del servicio en la ventana establecida y al ritmo adecuado es vital para su competitividad (Vianen et al., 2012).

De forma general, la *OEE* representa el rendimiento de la operativa como la carga/descarga neta realizada durante el periodo de tiempo programado, y comparado con la máxima capacidad operativa. Así, se tiene en cuenta el periodo total durante el que la terminal se encuentra operativa, que suele ser próximo a 24 horas durante los 365 días del año. A continuación, del total de tiempo disponible, se considera el periodo de utilización, es decir, el tiempo durante el cual el muelle ha estado ocupado por, al menos, un buque. Sin embargo, el periodo de utilización del muelle no tiene por qué coincidir con el tiempo total durante el que se han llevado a cabo las operaciones, puesto que pueden producirse pérdidas de disponibilidad por diferentes circunstancias, como errores humanos o técnicos, condiciones meteorológicas adversas, o mal funcionamiento de los sistemas de transporte, entre otras.

Finalmente, el rendimiento neto, que marca la eficiencia global, se ve afectado por pérdidas de tiempo operativo. Estas se deben a la ralentización de la operativa por diferentes circunstancias que se comentan a continuación.

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de la estructura de *OEE* para la terminal de contenedores de TTI Algeciras (Figura 21).

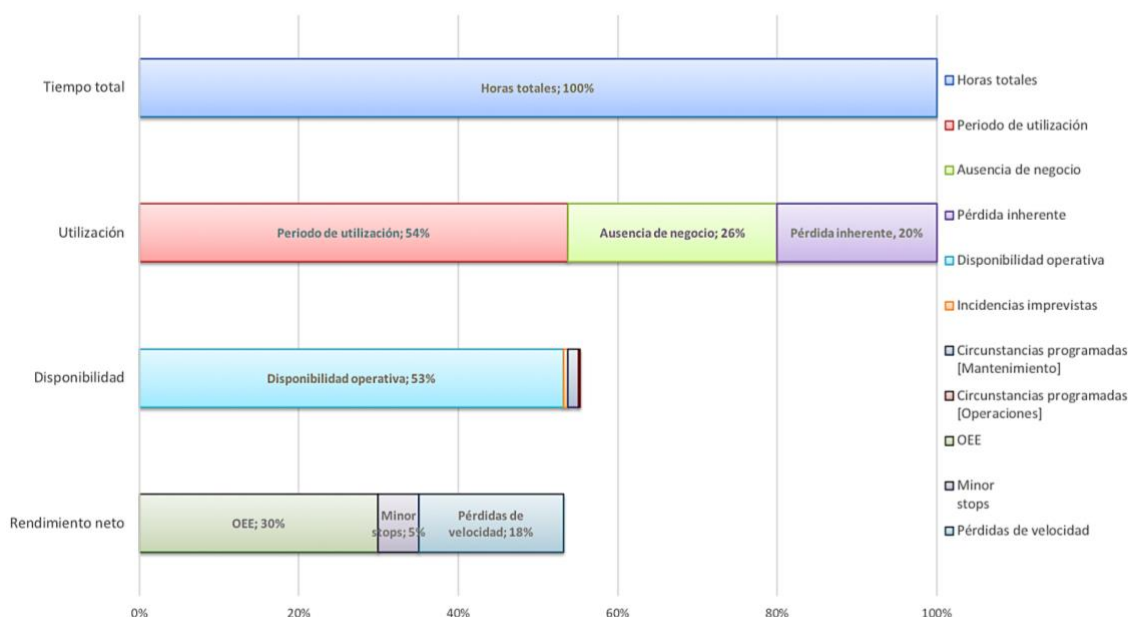


Figura 21. Diagrama de eficiencia global de los equipos en la terminal de TTI-A.
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por TTI Algeciras.

Cabe señalar que la eficiencia global obtenida atiende al conjunto de circunstancias que han afectado al rendimiento de la operativa durante el periodo establecido (Madueke, 2013). Para una terminal de contenedores podríamos incluir los siguientes aspectos:

- Pérdida inherente: Contempla el periodo de tiempo durante el que las grúas no pueden emplearse en términos operativos, a pesar de encontrarse disponibles técnicamente. Esto ocurre, por ejemplo, cuando una grúa determinada termina de ejecutar los movimientos previstos, pero se encuentra bloqueada entre otras dos STS. También se incluiría en este supuesto el periodo de tiempo de maniobra entre la salida y el atraque de un nuevo buque;
- Períodos de inactividad por ausencia de negocio;
- Inactividad por incidencias imprevistas, como averías en la maquinaria;
- Inactividad por circunstancias programadas, como mantenimiento preventivo;
- Pérdidas de tiempo operativo: Estas pueden estar causadas por factores que limitan la productividad de la grúa, como condiciones meteorológicas adversas (visibilidad reducida, viento y balance excesivo del buque por mala mar) o pericia y experiencia del gruista, entre otros. Estas son las denominadas “pérdidas de

velocidad”. Además, existen otras pérdidas de tiempo originadas por alteraciones del proceso que hacen que el equipo se mantenga a la espera por un periodo determinado. Estas interrupciones o “*minor stops*” pueden deberse a la terminal (espera de camiones, SC o *twistlocks*) o al buque (retrasos en la confirmación de la carga);

Las pérdidas de tiempo operativo obedecen, en términos generales, al “Principio de Pareto”⁵¹, por el que aproximadamente el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas (Song et al., 2017). Aplicado a la materia en cuestión, esto es, que las pérdidas de velocidad y las *minor stops*, aún representando solo una pequeña parte de las circunstancias que inciden en las pérdidas de tiempo operativo, son responsables de las mismas de forma mayoritaria (véase Figura 22). Por este motivo, los esfuerzos deben centrarse en la consecución de objetivos que contribuyan a disminuir estos porcentajes para lograr la eficiencia.

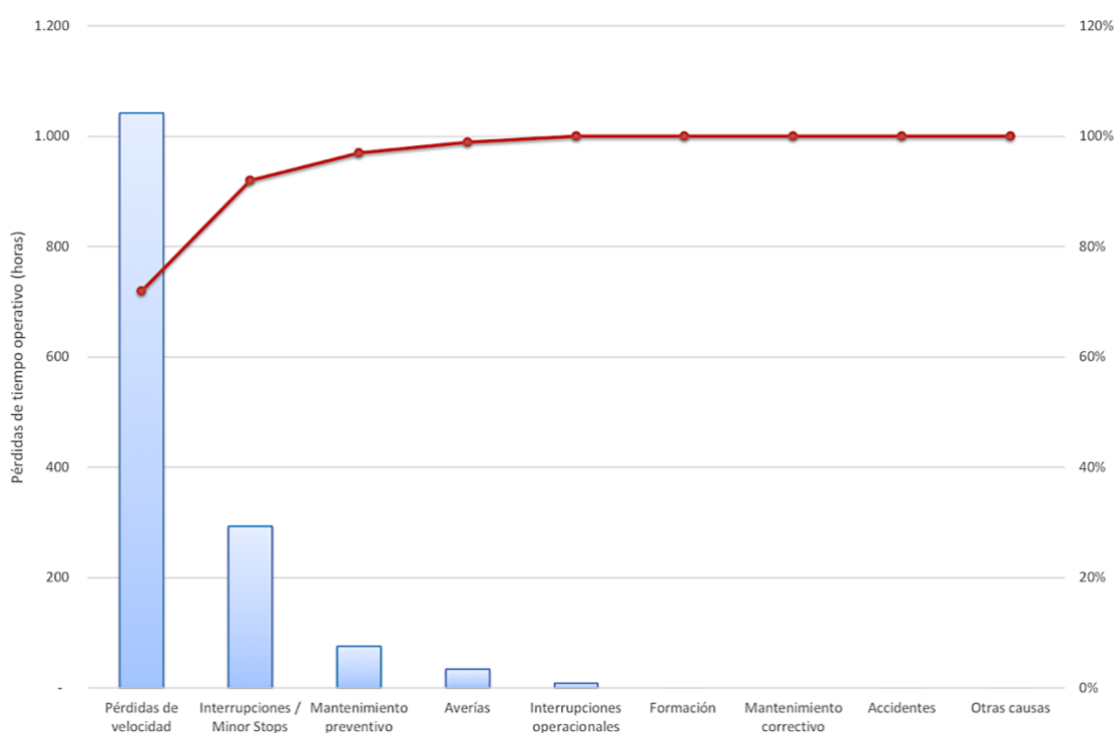


Figura 22. Principio de Pareto aplicado a las pérdidas de tiempo operativo en TTI-A.
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por TTI Algeciras.

⁵¹ Para más información sobre el principio de Pareto o regla del 80/20: <https://bit.ly/31HW78u>; [Consultado 26/06/2020].

La OEE teórica, alcanzable bajo circunstancias ideales, excluiría factores como la pérdida inherente y la pérdida de tiempo operativo. Sin embargo, aunque se trate de minimizar todo lo posible estas pérdidas, con el objetivo de lograr la máxima optimización de los equipos, no es posible eliminarlas en su totalidad, puesto que, como hemos visto, intervienen todo tipo de factores, propios y ajenos a la terminal.

4.4.5. Índices de accidentalidad

La seguridad es una prioridad para las terminales de contenedores y de la industria marítimo-portuaria en general. Las operaciones deben ser seguras, ante todo, y para ello se ponen en marcha diferentes estrategias y estándares operativos globales para garantizar una gestión segura y eficiente. Esto no solo supone una protección del personal, sino que también repercute en la confianza de las diferentes partes interesadas, puesto que supone un respaldo para la reputación de la empresa que aumenta su ventaja competitiva. De este modo, la seguridad se constituye como un *KPI* transversal, que incumbe a todos, y protege a la mano de obra, las infraestructuras y equipos, los clientes y su carga y la comunidad portuaria.

Las medidas relativas a la prevención de riesgos laborales en los puertos y sus instalaciones deben estar coordinadas y encaminadas a un objetivo común, que no es otro que la disminución de los índices de accidentalidad. Si bien es cierto que el entorno portuario, como cualquier ámbito de tipo industrial, presenta riesgos adicionales a los de otro tipo de centros de trabajo, el estudio de los diferentes accidentes y incidentes que se producen y sus causas, es importante para adoptar las medidas pertinentes que permitan reducirlos al máximo.

Los índices de accidentalidad se centran en el total de accidentes de trabajo que se producen en cada una de las especialidades profesionales, teniendo en cuenta el número de jornadas trabajadas por cada una de ellas (Tabla IV). Su conocimiento permite establecer prioridades dentro del plan preventivo, en función de los resultados. Otro dato importante es el índice de frecuencia con el que se producen los accidentes, así como su gravedad (INSHT, 2020).

Tabla IV. Índices de incidencia en la estiba del puerto de Algeciras, en 2019.
Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos del CPE Algeciras (2019).

Grupo prof.	Especialidad	Accidentes	Jornadas	Índice acc.
I	Estibadores a bordo	90	30,435	0,30
I	Estibadores tierra	3	6,381	0,05
II	Amantero	10	6,251	0,16
II	Gruista portainer	12	10,679	0,11
II	Conductor	1	493	0,20
II	Schuttle	9	16,353	0,06
III	Sobordista	2	6,520	0,03
III	Controlador	1	2,679	0,04
III	Supervisor muelle	1	1,568	0,06
IV	Capataz	6	7,233	0,08
TOTAL		136	88,592	0,15

En cuanto a las causas de los accidentes, dentro del sector de la estiba, podemos destacar que la mayor parte de ellos se producen por sobreesfuerzos, caídas al mismo nivel y golpes por objetos o herramientas, tal y como se muestra en la siguiente Figura 23.

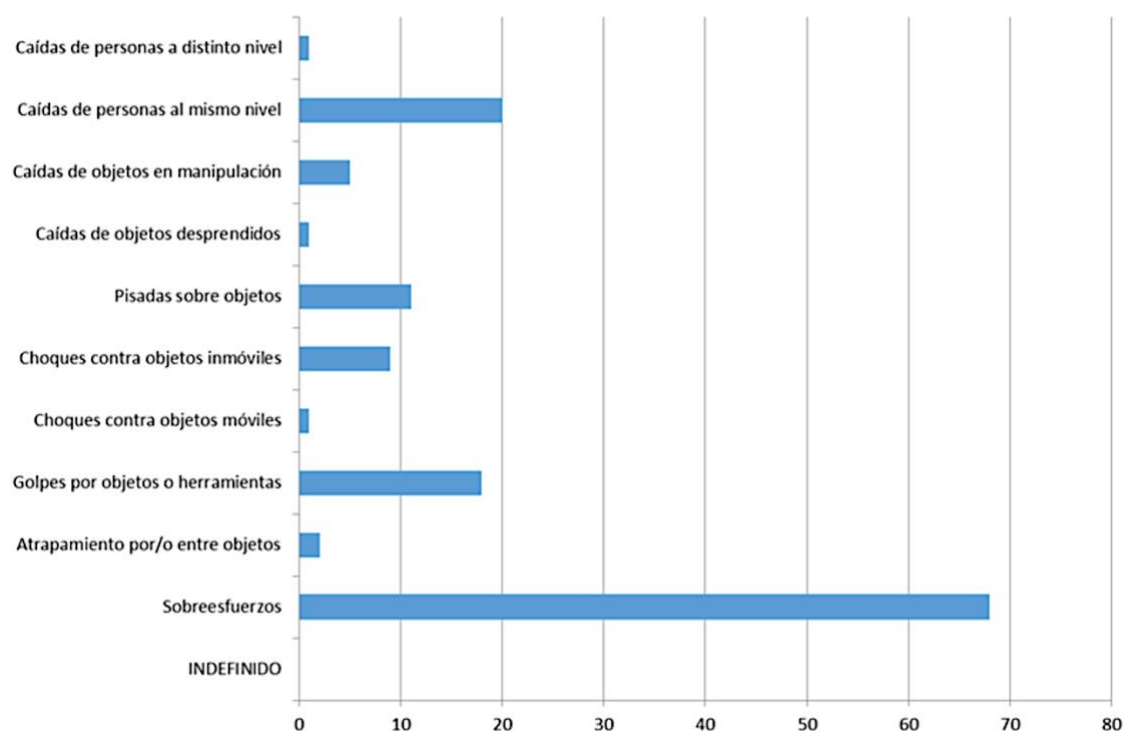


Figura 23. Causas de los accidentes de los estibadores del puerto de Algeciras, 2019.
Fuente: CPE Algeciras (2019).

5. Estudio de caso

Tal y como se viene exponiendo en los capítulos anteriores, el transporte marítimo se ha convertido en la actualidad en el eje fundamental de una cadena de suministro intermodal. Su gran importancia en relación con el comercio mundial está muy relacionada con el abaratamiento de los costes de transporte, y ello a su vez, con la containerización de la mercancía. En este escenario, existen dos actores destacados. Por un lado, las grandes navieras y operadores internacionales, que han apostado por una estrategia de alianzas en determinadas líneas para dar viabilidad a las economías de escala que vienen aplicando a sus buques y servicios. Por otro lado, los puertos y terminales, cuya competitividad se ha visto ligada a importantes inversiones y transformaciones en lo relativo no solo a sus instalaciones, sino también a su modelo de servicio. Con ello pretenden atender las nuevas necesidades y retos que implica la operativa de los megabuques.

En este sentido, la tendencia mundial es una evolución hacia una mayor y mejor integración de los diferentes procesos y operaciones que tienen lugar en los puertos. Para ello, se está apostando también por la automatización de algunos procedimientos, por sus ventajas operativas y económicas. De hecho, las nuevas tecnologías, combinadas con una filosofía de optimización de los recursos existentes, están dando lugar al concepto de “*Smart Port*” o “Puerto Inteligente”. Su esencia no es otra que la adopción de políticas y decisiones que permitan adaptar las terminales a los nuevos desafíos, como el aumento de los volúmenes de tráfico portuario, relacionado al mismo tiempo, con el incremento de la demanda de transporte por parte de la población global (Rosales, 2018).

Estos principios ya se están aplicando en puertos de todo el mundo. En Europa, algunos ejemplos los encontramos en Róterdam⁵² o Hamburgo⁵³, y en España, en el puerto de

⁵² El proyecto “*Smart Port*” de Róterdam puede consultarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/37kQori>; [Consultado 29/06/2020].

⁵³ El puerto de Hamburgo está desarrollando una estrategia como puerto inteligente que permita mantener su competitividad global al mismo tiempo que apuesta por la sostenibilidad, tal y como se recoge en la página web de su Autoridad Portuaria: <https://bit.ly/2NK8lHZ>; [Consultado 27/06/2020].

Barcelona⁵⁴. Estos son, precisamente, algunos de los puertos de contenedores más importantes a nivel europeo. La principal causa es que las rutas entre Asia y el Norte de Europa se han convertido, como ya hemos visto, en los principales canales de distribución de mercancías en los tráficos Este-Oeste. A lo largo de estas han surgido diferentes centros de transbordo, que articulan la red de transporte global y estructuran los flujos de comercio, actuando como pivotes en los servicios de los que disponen las compañías. Uno de los factores decisivos para que un puerto sea competitivo de cara al transbordo es que no se requieran grandes desviaciones de las rutas principales, puesto que estas desviaciones implican importantes costes adicionales, no solo para los buques oceánicos, también para los que posteriormente realizan el tráfico *feeder*. No obstante, debido a la volatilidad del negocio del transbordo, existe una gran competitividad entre los distintos *hubs*, por ofrecer simultáneamente servicios adicionales que proporcionen valor añadido a sus instalaciones (Rodrigue, 2017). Los costes operativos de las terminales y las tasas de los puertos también pueden resultar como factores de decisión entre centros de transbordo potenciales para un determinado servicio u operador (Acosta et al., 2007).

En España, el principal centro de transbordo es el puerto de Algeciras, por su situación privilegiada en el Estrecho de Gibraltar, que constituye uno de los *choke points* en el que confluyen algunas de las rutas de transporte marítimo más importantes. De este modo, se ha constituido como una plataforma logística intercontinental entre Asia y el Norte de Europa, ofreciendo cero desviaciones (Figura 24) y una amplia red de enlaces *feeder* con el norte de España, Canarias, Portugal y el Magreb, fundamentalmente Marruecos, Argelia y Túnez. Además de servicios con África Occidental, Latinoamérica y el Caribe, a través de las terminales de *APM* y *TTI Algeciras*.

⁵⁴ Barcelona participa, junto con Róterdam, Hamburgo y otros tres puertos internacionales, en un proyecto para desarrollar mejoras tecnológicas, que incluyen la electrificación de amarres y la digitalización de los accesos. Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://bit.ly/37hbQgO>; [Consultado 27/06/2020].

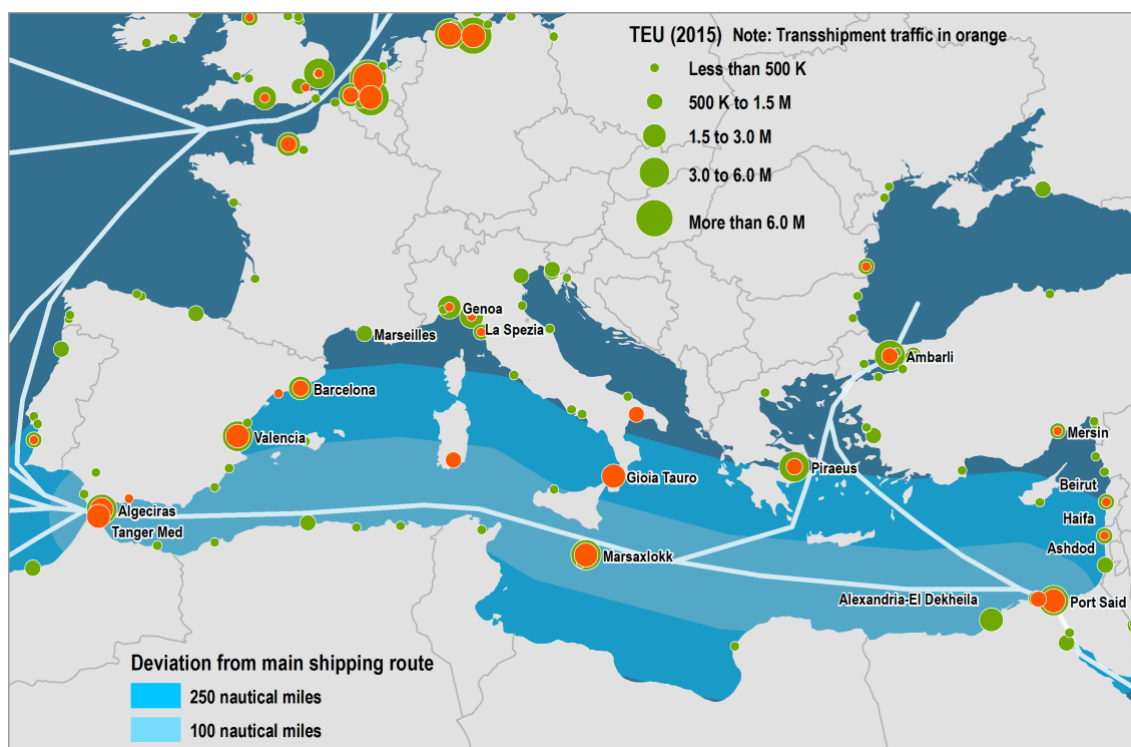


Figura 24. Desviación de la ruta marítima principal para los principales puertos con tráfico de transbordo en el Mediterráneo.

Fuente: Rodrigue (2017).

Además, una de sus ventajas competitivas reside en que ofrece otros servicios marítimo-portuarios complementarios, como *“bunkering”*, reparaciones o fondeaderos resguardados. No obstante, en los últimos años, la creación de nuevos puertos en el Norte de África ha comprometido la hegemonía de Algeciras en el mercado del transbordo. En este aspecto, podemos destacar el impacto que Tánger Med, en Marruecos, puede tener en la merma de los tráficos en Algeciras, por las prestaciones de sus instalaciones y costes laborales, sumadas a una situación geográfica muy similar a la del puerto español. En la actualidad sus muelles están concesionados a operadores internacionales como *APM Terminals* y *Eurogate*, e incluyen infraestructuras industriales, empresariales y urbanísticas asociadas (Moreno y Ventura, 2008).

Asimismo, también se está observando una competencia incipiente por parte de Sines (Portugal), que aspira a convertirse en un centro de distribución de ámbito peninsular, gracias a la apuesta de la naviera *MSC* y a las inversiones del gobierno portugués. La idea no es solo consolidarlo como nodo de transbordo, sino también como puerto de

importación/exportación⁵⁵. En este sentido, la clave es una buena conectividad con el *hinterland* a través del ferrocarril. Esta es precisamente otra de las debilidades del puerto de Algeciras, incluso frente a competidores nacionales como Valencia, que concentra el tráfico de importación y exportación en España, por disponer de las conexiones ferroviarias adecuadas y suficientes para ello. En 2018, el 8,52% del tráfico de importación/exportación en Valencia empleó el tren como medio de transporte, representando una cuota de uso del ferrocarril que dobla la media española, según datos de la Autoridad Portuaria⁵⁶. De este modo, Valencia lidera en la actualidad los tráficos de importación y exportación exterior, seguida de Barcelona, y ocupa también el primer puesto nacional en número de *TEUs* totales manipulados. Algeciras se sitúa en tercer lugar en términos de importación/exportación, y a gran distancia de Valencia y Barcelona, no obstante, se mantiene como el primer puerto español de contenedores por toneladas de mercancía, y lidera el tránsito en nuestro país (véase Figura 25). Asimismo, es referente para el tráfico de productos hortofrutícolas en España, canalizando casi el 40% del total de los puertos españoles⁵⁷.

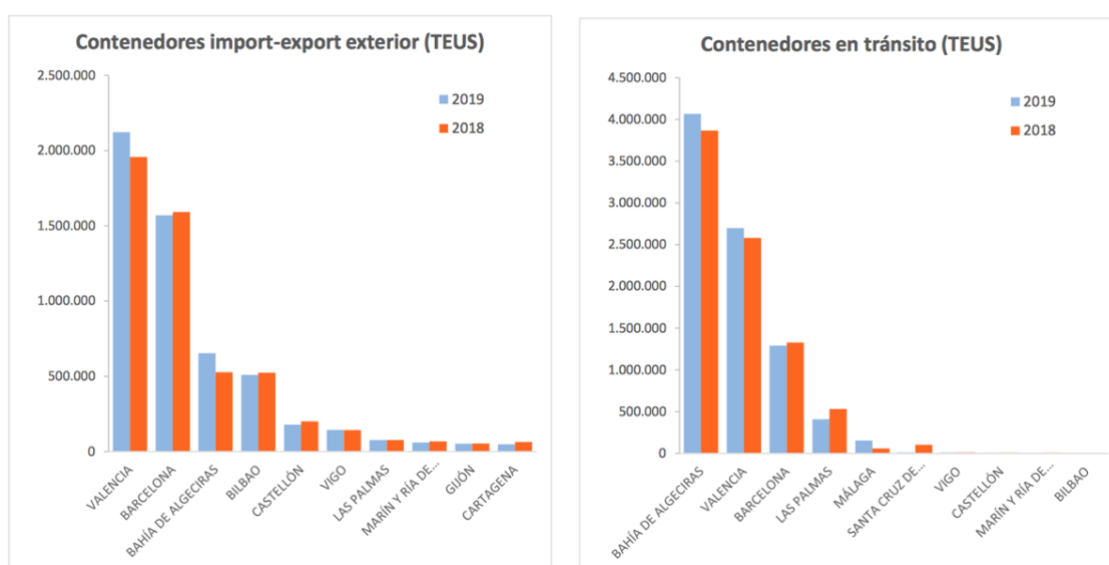


Figura 25. Estadísticas acerca de los contenedores manipulados en puertos españoles, atendiendo al número de TEUs (2018-2019).
Fuente: Puertos del Estado (2019).

⁵⁵ RELEA, F. (25/09/2011). "No al AVE, sí al puerto de Sines". El País. Recuperado de <https://bit.ly/2GcH0tz>; [Consultado 28/06/2020].

⁵⁶ Puede consultarse a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/2NNZIMx>; [Consultado 28/06/2020].

⁵⁷ RODRÍGUEZ, A. (04/02/2020). "El puerto de Algeciras mantiene el liderazgo nacional en el tráfico de productos hortofrutícolas". Europa Sur. Recuperado de <https://bit.ly/2UD3TyW>; [Consultado 27/06/2020].

En este difícil contexto, la competitividad en materia de costes es imprescindible. Como venimos exponiendo, la optimización de procesos y recursos es también vital en una terminal de contenedores. De hecho, se vuelve especialmente relevante si se tiene en cuenta la presión que ejerce sobre las operaciones y el patio la necesidad de gestionar importantes picos de contenedores, que se concentran en frecuencias más escalonadas, pero con buques de mayor capacidad. Identificar los efectos que estas escalas tienen sobre los indicadores de productividad, la densidad del patio y la utilización de recursos y actividades complementarias resulta imprescindible para avanzar en la competitividad de las terminales (Baik, 2017; Musso y Sciomachen, 2019).

5.1. Objetivos

El objetivo de este capítulo del TFM es analizar los principales efectos operacionales que implican las escalas de megabuques en las terminales de contenedores, y cómo estas afectan a la ocupación del patio. Asimismo, se discuten las consecuencias del aumento de la densidad para el conjunto de la instalación en estudio.

5.2. Metodología del estudio de caso

Para alcanzar los objetivos mencionados en el apartado anterior, el estudio se centra en el análisis de la operativa de un servicio concreto en una terminal de contenedores en particular: TTI Algeciras. Esta dispone de una línea de muelle continua, que es una de las configuraciones más habituales en la actualidad⁵⁸. Para ello se presentan, de forma previa, una serie de cuestiones importantes acerca de la terminal elegida y su funcionamiento. Posteriormente, se discuten los datos de densidad de patio proporcionados por la terminal para escalas de los buques del servicio *FAL1* de la *Ocean Alliance*. Estos se presentan en una tabla en la que se compara la ocupación del patio antes y después de las operaciones de megabuques, considerando también el número

⁵⁸ Otras distribuciones como el “*intended berth*” presentan importantes limitaciones de cara a la planificación de las operaciones y el atraque de los buques, en particular en términos de tiempo total de servicio y tránsito. La única terminal en el mundo con esta disposición se encuentra en Ámsterdam y fue diseñada para operaciones más productivas, sin embargo, hasta la fecha no se han alcanzado tales objetivos (Stahlbock y Voß, 2008).

de movimientos y los contenedores de descarga. Asimismo, se contrasta la evolución de los volúmenes de densidad con los índices de producción del conjunto de la terminal. Para ello, se ha realizado un modelo de regresión lineal, con el objetivo de determinar en qué medida el aumento de la ocupación del patio puede repercutir sobre el rendimiento general. Estos datos se apoyan también en las conclusiones de algunos estudios y trabajos previos realizados al respecto (Martín, 2014; Jin et al., 2016; Baik, 2017; UNCTAD, 2018).

5.3. La terminal de contenedores de TTI Algeciras

“Total Terminal International Algeciras” (TTI-A) explota, mediante una concesión otorgada en 2008, la terminal de contenedores de uso público de la Fase A del recinto de Isla Verde Exterior, en el puerto Bahía de Algeciras. Inició su actividad en 2010 como la primera terminal semiautomática del Sur de Europa y Mediterráneo, y cuenta con muelles de gran calado, ocho grúas STS, 32 grúas de patio automáticas ASC y 22 *Schuttle Carriers*.



Figura 26. Vista general de la terminal y principales características.

Fuente: Facilitado por TTI Algeciras.

Entre sus ventajas competitivas podemos destacar su localización estratégica, la fiabilidad del servicio y sus infraestructuras, la competitividad en cuanto a los costes, así

como su conectividad. Este último aspecto es especialmente relevante, puesto que la terminal forma parte de una red de transporte marítimo con conexiones con más de 115 puertos de todo el mundo. Además de los servicios Asia-Norte de Europa, dispone de otros con Latinoamérica y el Caribe que ofrecen muy buenos tiempos de tránsito, algo que resulta imprescindible cuando la mayor parte de la carga es refrigerada. También canaliza otros flujos Este-Oeste, que conectan la terminal con Norteamérica y Oriente Medio o el Mar Negro, así como líneas Norte-Sur, entre el Norte de Europa y África. Por su puesto, ofrece servicios *feeder*, fundamentalmente con otros puertos españoles y Marruecos.

En el aspecto negativo, la terminal comparte, a grandes rasgos, las debilidades y amenazas del conjunto del puerto de Algeciras. Las más destacadas pueden ser la competencia de otros puertos del entorno y la dependencia excesiva del tránsito. No obstante, existen oportunidades de negocio como el desarrollo de la Fase B de Isla Verde Exterior. Además, el puerto de Algeciras debe aprovechar también el papel de Andalucía como líder de las exportaciones nacionales, con el 10,9% del total de España en 2019⁵⁹, tan solo por detrás de Cataluña.

5.3.1. Características y funcionamiento del patio en la terminal de TTI-A

Una vez presentada la información más relevante acerca de la terminal de TTI Algeciras, sus fortalezas y debilidades, es importante conocer, para el estudio propuesto, las características y funcionamiento del patio, que presenta particularidades significativas al tratarse de una terminal semi-automatizada.

A) Características

En este caso particular, el patio está conformado por 16 bloques de contenedores, con 23 bahías, 8 filas y 5 andanas, en cada uno de los cuales operan dos grúas automáticas ASC, una por el lado de tierra y otra por el lado del mar.

⁵⁹ EMPRESA EXTERIOR. (20/12/2019). "Andalucía supera los 6.000 millones en exportaciones entre enero y octubre de 2019". Recuperado de <https://bit.ly/2OQFORA>; [Consultado 28/06/2020].

zona. Para ello, cuentan con dos sistemas: uno por cortina de luz y otro por escáner láser. En el primero, la cortina de luz se corta con el paso de la *SHC* y no vuelve a reiniciarse hasta que esta sale de la zona de transferencia. Por su parte, el sistema láser realiza un barrido de la *TP* en busca de obstáculos.

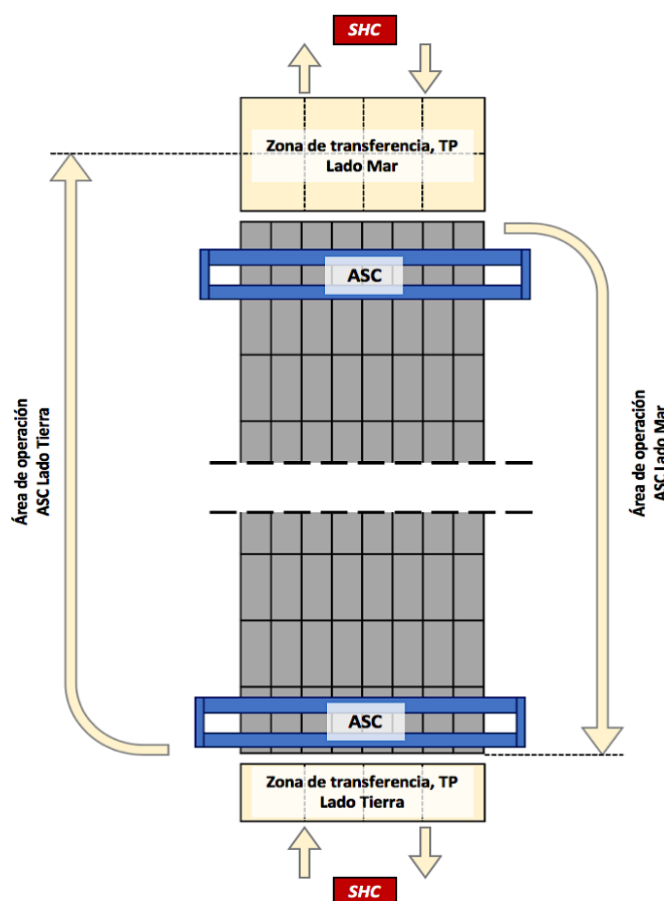


Figura 28. Esquema de un bloque del patio de TTI-A.
Fuente: Elaboración propia.

El sistema implantado en el patio permite definir una serie de áreas lógicas destinadas a un determinado tipo de contenedor. Estas reciben el nombre de “*boundaries*”. A grandes rasgos, se establecen áreas para contenedores de 20’, 40’ y frigoríficos. No obstante, dentro de cada *boundary* o demarcación, el sistema intenta separar contenedores cargados de contenedores vacíos, y apilar atendiendo a diferentes parámetros, como son el peso, el puerto de destino, el operador y el buque (cuando están planificados). En este sentido, el sistema lo consigue en mayor o menor medida en función de la densidad del patio.

El “*housekeeping*” es la lógica que permite organizar el patio para colocar los contenedores en las posiciones más convenientes, generando una serie de movimientos de forma automática, atendiendo a los criterios mencionados anteriormente. Esta función se activa independientemente para cada bloque y, habitualmente, su rendimiento deja de ser óptimo cuando se alcanzan densidades de entre el 80 y 85%. Los *boundaries* no son fijos, sino que están sujetos a ser modificados en lo relativo a su tamaño o zona abarcada, e incluso pueden ser activados o desactivados. En el caso de los contenedores frigoríficos, sí existen zonas definidas físicamente en cada uno de los bloques del patio, puesto que requieren de unas estructuras que dispongan de conexión.

Otro aspecto relevante es la segregación de las mercancías peligrosas, implantada a nivel de la base de datos. Estos contenedores se posicionan automáticamente en función de los criterios propios de su clase, atendido a las prescripciones e incompatibilidades propias de cada clase, según el “Código IMDG”⁶⁰. Además, presentan la particularidad de que sus parámetros no pueden modificarse, como sí ocurre con otros *boundaries*. Además, tampoco son reposicionados por *housekeeping*.

B) Funcionamiento: Procedimiento de descarga/ carga

Cuando el contenedor se descarga del buque, se posiciona en una plataforma en la que se procede, por un lado, a quitar los *twistlocks* y, por otro, a identificarlo. La identificación del contenedor se realiza mediante un sistema de reconocimiento óptico u “OCR”. De este modo, el sistema coteja que el contenedor en cuestión se encuentre en la lista de carga/descarga del buque, y si es así, monitoriza, en cada momento, el estado en el que se encuentra el contenedor, actualizándolo sucesivamente. Esto permite mantener su trazabilidad dentro de la terminal, realizando el seguimiento de todas las colas de trabajo activas en la orden de trabajo monitorizada.

⁶⁰ Se trata del Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas aprobado por la Organización Marítima Internacional (OMI). Recopila todas las disposiciones que se aplican al transporte de mercancías peligrosas en bultos por vía marítima.

Una vez colocado bajo la contrapluma de la grúa STS, se le asigna una *SHC*. La *SHC* se posiciona sobre el contenedor con la asistencia de un sistema de posicionamiento automático. A continuación, se muestra al operador la posición del *TP* en que debe colocarlo, aunque el sistema ya le ha asignado también una posición final en el patio, teniendo en cuenta la ocupación de los bloques y tratando de realizar un reparto equitativo de la descarga.

En las zonas de transferencia, el contenedor se posiciona por “DGPS”⁶¹, lo que asegura la máxima precisión. Desde las *TP*, los contenedores son manipulados por las *ASC*, estableciendo una serie de prioridades. La prioridad máxima es *gate-out*, seguida de carga, *gate-in* y descarga. No obstante, por encima de estas prioridades, el sistema intenta optimizar los movimientos con dobles ciclos⁶².

Con vistas también a la optimización, pero desde el punto de vista de los desplazamientos de las *ASC*, se define en cada bloque una zona de transferencia entre las dos *ASC* existentes, que se conoce como “*relay point*”. Se trata de una zona de apilamiento normal pero que se destina a esta función adicional, con una extensión que puede ajustarse según las necesidades.

Las *ASC* están activadas para trabajar en modo automático, aunque pueden manipularse manualmente a través de un panel dotado de todos los controles necesarios, así como de cámaras. Cuando, por diferentes motivos, una alarma impide la descarga automática del contenedor en la posición asignada, el operador puede realizar este movimiento de forma manual.

Para la carga, cuando se activa la cola de trabajo correspondiente, la *ASC* selecciona el contenedor, que en su momento fue identificado y colocado en una posición concreta del patio. Una vez transportado a las *TP*, es trasladado por las *SHC* hasta las STS donde, antes de ser izado y embarcado en el buque, es reconocido e identificado por el *OCR*. De todos modos, cuando el sistema muestra al operador de la *SHC* qué contenedor debe coger y dónde se encuentra, solo puede manipularlo si es el correcto, asegurando así la

⁶¹ Se trata de un sistema de posicionamiento diferencial GPS más preciso, que se basa en el uso de la red satelital que corrige las señales de los satélites, combinando la información de éstos con su propia posición para reducir así el margen de error.

⁶² Técnica de aprovechamiento de los tiempos muertos o en vacío de la maquinaria de la terminal.

trazabilidad del mismo, no solo en el proceso de descarga del buque, sino también en el de carga.

Para los contenedores de exportación, el operador realiza una orden de transporte. Con esa orden, el camionero puede acceder a la pre-puerta, donde se comprueba que el número de orden, así como los datos que figuran en ella son correctos, en relación con la empresa y el camión, cuya matrícula se identifica mediante un *OCR*. Si todos los datos son correctos, puede acceder a puerta, donde existe una doble barrera. En primer lugar, se vuelven a comprobar todos los datos referentes al camión y la orden de transporte para, posteriormente, corroborar también el número del contenedor.

Finalmente, el camión puede acceder a la terminal, al mismo tiempo que se asigna el contenedor a una *SHC*. A su vez, el sistema indica a esta *SHC* el bloque en el que debe posicionarlo, así como su ubicación exacta dentro del mismo en función de los *boundaries*. Para la devolución de un contenedor vacío en la terminal, se aplicaría el mismo procedimiento, que al igual que en la carga y descarga, garantiza la trazabilidad del contenedor en todo momento.

En el caso de la importación o entrega de un contenedor vacío, el proceso es similar. El camión llega a la pre-puerta para introducir la orden de transporte, permitiéndose su acceso a la puerta si todos los datos son correctos. De forma simultánea a la activación de la orden en el sistema, se realiza una consulta a la Agencia Tributaria, para determinar si el contenedor se encuentra despachado y puede ser entregado. Si es así, continúa el proceso con la revisión de la matrícula y tarjeta del transportista en puerta.

Una vez en la terminal, se activa la orden de entrega en el *TOS*, asignándose la recogida del contenedor del bloque correspondiente en el patio a una determinada *SHC*. Al realizarse la entrega del contenedor, se proporciona un recibo denominado "*EIR*" (*Equipment Interchange Receipt*), que sirve de resguardo para la salida del contenedor del puerto, cuando será requerido por parte de la Guardia Civil.

Una vez cargado el camión, el *OCR* lee la matrícula, quedando este entre dos barreras. Tras comprobar la trazabilidad entre el contenedor y el camión, se permite su salida de la terminal.

En cuanto a los contenedores vacíos cabe realizar una puntualización, pues por norma general la selección del equipo se realiza por parte de la terminal. Para ello, se atiende a las características de la orden de transporte, excepto para aquellas unidades requeridas específicamente por el operador, cuando necesite un equipo especial o un número de contenedor concreto. Estos casos conllevan, normalmente, un sobrecoste para la naviera.

5.3.2. El impacto de los megabuques en la terminal

La operativa de grandes buques portacontenedores implica, según muchos profesionales del sector, importantes retos para las terminales portuarias. Esto se debe a que su rendimiento se ve afectado por diferentes presiones, a nivel de equipo y espacio, que resultan en una disminución de la productividad, un aumento de recursos y, por consiguiente, de costes. Uno de los motivos es que la intensidad óptima de grúas se reduce con el aumento del tamaño de las escalas, puesto que existe un número limitado de grúas, aunque una mayor demanda de operaciones pueda compensarse en cierta medida tratando de optimizar los diferentes procesos (UNCTAD, 2018).

Así, podemos determinar que existe un volumen óptimo de contenedores intercambiados por escala, inferior a 4.000, y un rango de buques entre los 4.000 y los 14.000 TEU, a partir de los cuales el rendimiento de las operaciones se ve influido negativamente (Port Technology, 2015; JOC.com, 2017; UNCTAD, 2018). Por ello, los buques de mediano porte presentan mejores índices de productividad en comparación con los *ULCVs* (véase Figura 29). En estos, el ciclo de la grúa es mayor, puesto que la distancia recorrida por el carro del *spreader* en cada uno de los movimientos es más grande, debido a la altura de apilamiento de los contenedores sobre cubierta y a una mayor manga (JOC.com, 2017).

Del mismo modo, los buques más pequeños, especialmente los que se emplean para el tráfico *feeder*, también resultan menos operativos, aunque por causas diferentes, entre las que podemos destacar su mayor predisposición a los balances, así como al asiento y la escora durante la carga/descarga. Además, estos buques quedan muy por debajo de la cabina del gruista, lo que sumado a otros factores como que tienen menos

movimientos por *bay* o grúa, que los *twistlocks* suelen ser manuales, y que pueden ser buques no celulares, contribuye a que la producción, en términos de *gmph*, sea más baja.

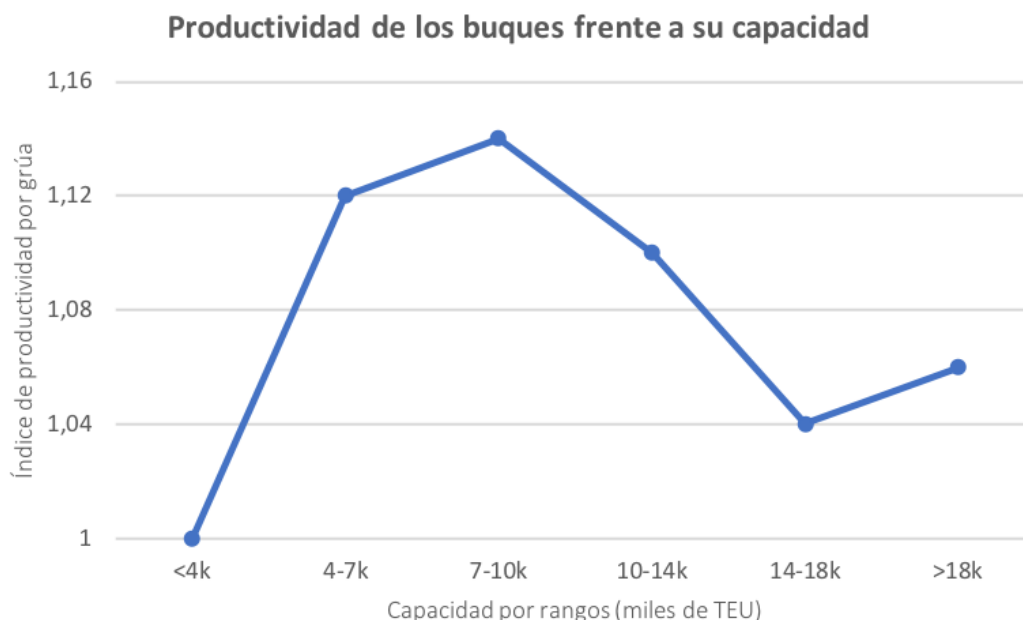


Figura 29. Impacto de la capacidad de los portacontenedores sobre la producción⁶³.
Fuente: Elaboración propia, a partir de JOC.com (2017).

No obstante, el impacto de los megabuques sobre las terminales no se limita a producciones menos óptimas. De hecho, como venimos señalando, uno de sus efectos es aumentar notablemente la densidad del patio. Esto se debe a que se concentra en una sola escala un gran número de contenedores. A su vez, ello conlleva una serie de consecuencias que vamos a exponer más detalladamente a continuación. Para ello, se toman como referencia doce escalas del servicio “*FAL1*” (*French Asia Line 1*) en la terminal de TTI Algeciras. Este servicio es operado por CMA-CGM dentro de la “*Ocean Alliance*”, con una flota de 12 buques con una capacidad media de 16.930 TEU, que atienden 13 puertos de escala con frecuencia semanal. La escala del trayecto en sentido oeste es mayoritariamente descarga, con importaciones para los mercados del norte y oeste de África.

⁶³ Se han tomado como referencia los principales doce puertos del mundo: Busan, Tanjung Pelepas, Yangshan, Ningbo, Hong Kong, Jebel Ali, Yantian, Rotterdam, Hamburgo, Qingdao, Amberes y Bremen.

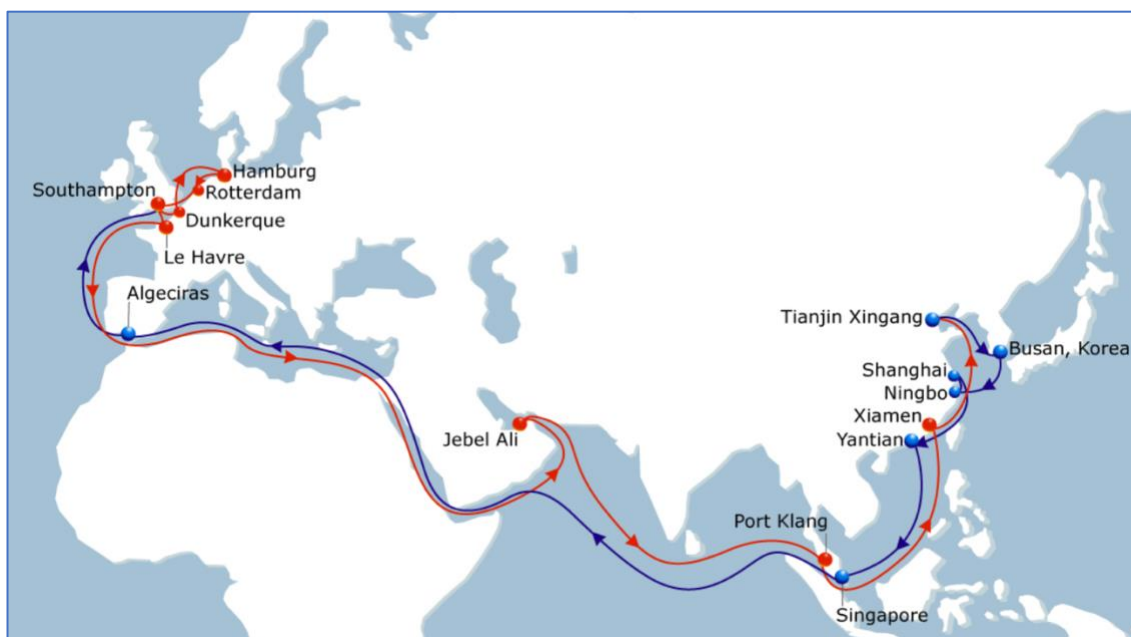


Figura 30. Puertos de escala del servicio FAL1.

Fuente: CMA-CGM (2020)⁶⁴.

Para cada una de las escalas analizadas, se ha tenido en cuenta el número de movimientos realizados, resaltando sobre todo las descargas, que, debido a la configuración de este servicio, suponen la mayor parte de estos movimientos. Con la información facilitada por la terminal, se ha elaborado una tabla en la que se refleja el estado del patio, en términos de ocupación, antes del comienzo y tras la finalización de las operaciones, permitiendo así evaluar el impacto de las mismas sobre la densidad. Las tablas aportadas diferencian la densidad por cada uno de los bloques del patio, así como en función de los contenedores de 20, 40, 45 pies y frigoríficos apilados, expresando la ocupación en términos porcentuales y determinado el espacio disponible, en número de contenedores por tipo. A los efectos del estudio de caso, se ha simplificado teniendo en cuenta solo la ocupación media del conjunto del patio, para realizar la comparativa entre las distintas escalas.

En la siguiente Figura 31 se muestran como ejemplo las tablas de resumen de ocupación del patio antes y después de las operaciones de un buque del servicio, con 2.464 movimientos realizados en la escala del 04 de diciembre de 2019.

⁶⁴ De la web de CMA-CGM. Los puertos, buques y frecuencia del servicio pueden consultarse en el siguiente enlace: <https://www.cma-cgm.com/products-services/line-services/flyer/FAL>; [Consultado 29/06/2020].

Process Yard Summary - 2019-12-04 06:25:36

	20		40		45		REEFER			CAPACITIES (INCL REEF)
BLOCK	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	BLOCK	% BOX OCCUPANCY
A1	102	76.82 %	100	83.19 %	15	25.0 %	15	76.56 %	A1	79.27 %
A2	120	68.83 %	138	78.27 %	0	0 %	13	79.69 %	A2	75.0 %
A3	126	71.36 %	110	81.51 %	14	30.0 %	10	84.38 %	A3	76.76 %
A4	111	78.65 %	96	82.7 %	13	35.0 %	6	90.62 %	A4	80.5 %
A5	72	85.0 %	149	74.96 %	0	0 %	6	90.62 %	A5	80.07 %
A6	106	79.62 %	98	82.34 %	15	25.0 %	11	82.81 %	A6	80.16 %
A7	153	68.12 %	209	64.87 %	0	0 %	7	89.06 %	A7	67.6 %
A8	107	73.25 %	138	73.2 %	0	0 %	11	82.81 %	A8	73.85 %
B1	176	63.33 %	200	66.39 %	0	0 %	17	73.44 %	B1	65.5 %
B2	141	70.62 %	117	80.34 %	0	0 %	11	82.81 %	B2	76.38 %
B3	145	74.11 %	93	83.24 %	0	0 %	18	71.88 %	B3	78.29 %
B4	162	68.85 %	140	74.77 %	16	20.0 %	20	68.75 %	B4	70.84 %
B5	147	70.89 %	96	82.7 %	12	40.0 %	10	84.38 %	B5	76.84 %
B6	144	72.31 %	119	78.56 %	16	20.0 %	8	87.5 %	B6	75.24 %
B7	97	80.4 %	102	82.41 %	0	0 %	11	82.81 %	B7	81.56 %
B8	334	37.57 %	147	73.51 %	0	0 %	35	45.31 %	B8	55.29 %
TOTAL	2243	71.1 %	2052	77.66 %	101	27.86 %	209	79.59 %	TOTAL	74.57 %
TEU_f										1.59

Process Yard Summary - 2019-12-05 22:45:55

	20		40		45		REEFER			CAPACITIES (INCL REEF)
BLOCK	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	FREE	% OCCUPANCY	BLOCK	% BOX OCCUPANCY
A1	48	89.09 %	55	90.76 %	13	35.0 %	22	65.62 %	A1	87.67 %
A2	37	90.39 %	73	88.5 %	0	0 %	29	54.69 %	A2	87.18 %
A3	102	76.82 %	46	92.27 %	8	60.0 %	22	65.62 %	A3	84.09 %
A4	63	87.88 %	59	89.37 %	10	50.0 %	52	18.75 %	A4	84.12 %
A5	40	91.67 %	58	90.25 %	0	0 %	55	14.06 %	A5	86.57 %
A6	54	89.62 %	43	92.25 %	12	40.0 %	57	10.94 %	A6	85.68 %
A7	54	88.75 %	76	87.23 %	0	0 %	42	34.38 %	A7	84.9 %
A8	42	89.5 %	59	88.54 %	0	0 %	27	57.81 %	A8	86.93 %
B1	163	66.04 %	177	70.25 %	0	0 %	22	65.62 %	B1	68.22 %
B2	77	83.96 %	56	90.59 %	0	0 %	20	68.75 %	B2	86.57 %
B3	72	87.14 %	50	90.99 %	0	0 %	39	39.06 %	B3	86.34 %
B4	65	87.5 %	36	93.51 %	13	35.0 %	27	57.81 %	B4	87.83 %
B5	52	89.7 %	58	89.55 %	9	55.0 %	21	67.19 %	B5	87.76 %
B6	115	77.88 %	72	87.03 %	12	40.0 %	22	65.62 %	B6	80.93 %
B7	44	91.11 %	63	89.14 %	0	0 %	13	79.69 %	B7	89.46 %
B8	256	52.15 %	84	84.86 %	0	0 %	15	76.56 %	B8	69.24 %
TOTAL	1284	83.45 %	1065	88.41 %	77	45.0 %	485	52.64 %	TOTAL	83.93 %
TEU_f										1.57

Figura 31. Ocupación del patio antes y después de la escala de un *ULCV*.

Fuente: Facilitado por TTI Algeciras.

A continuación, se presenta la tabla general en la que se han incluido los datos relativos a las doce escalas seleccionadas para el TFM.

Tabla V. Impacto de las escalas de megabuques en la densidad del patio de TTI-A.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por TTI Algeciras.

Escala	Inicio ops.	Fin ops.	Movimientos totales	Descarga	Situación patio antes	Situación patio después	Diferencia %
1	25.09.19	26.09.19	2.738	1.859	71,75%	80,61%	8,86%
2	02.10.19	03.10.19	2.653	2.134	62,78%	74,53%	11,75%
3	09.10.19	09.10.19	1.913	1.675	75,47%	84,55%	9,08%
4	16.10.19	17.10.19	2.359	2.116	73,55%	84,79%	11,24%
5	24.10.19	24.10.19	2.506	2.011	55,06%	62,88%	7,82%
6	31.10.19	01.11.19	2.939	1.980	60,68%	69,30%	8,62%
7	13.11.19	14.11.19	3.551	2.581	62,69%	76,02%	13,33%
8	20.11.19	21.11.19	2.926	2.290	68,73%	78,37%	9,64%
9	27.11.19	28.11.19	2.512	1.968	77,46%	89,92%	12,46%
10	04.12.19	05.12.19	2.464	1.930	74,57%	83,93%	9,36%
11	18.12.19	19.12.19	2.555	2.090	65,64%	78,53%	12,89%
12	27.12.19	27.12.19	2.477	1.829	80,79%	87,82%	7,03%

Como puede apreciarse en la tabla anterior, en las escalas de estos megabuques, la mayor parte de los movimientos totales son de descarga. Como consecuencia, ejercen una gran presión en las operaciones de la terminal de TTI Algeciras, puesto que, en un corto periodo de tiempo, que generalmente se sitúa en torno a las 18-20 horas, demandan un gran número de movimientos y acumulan un gran volumen de contenedores en el patio⁶⁵. De hecho, el aumento de densidad puede ser muy significativo, con cifras de entre el 8 y el 13% en relación con el momento previo al inicio de la operativa. No obstante, lo realmente significativo no es solo que se produzca un incremento importante de la densidad, sino el porcentaje de ocupación del patio tras

⁶⁵ No obstante, estos efectos pueden considerarse comunes a todos los servicios y operadores con buques de estas características, especialmente cuando un porcentaje importante de los movimientos son de descarga. En este sentido, la elección de las doce escalas del servicio *FAL1* que se muestran en la tabla anterior se ha realizado únicamente a efectos de exponer dicha relación a través de una serie de datos de referencia.

las operaciones, puesto que, en las terminales de transbordo, es habitual que las densidades ya sean altas previamente. De este modo, el patio puede alcanzar ocupaciones críticas, con más del 85% en el caso de la escala 12 o rozando el 90% en la escala número 9.

Al alcanzarse estos niveles, pueden darse situaciones comprometidas, especialmente si tenemos en cuenta el gran número de servicios de tránsito y puertos de destino que se ofertan desde la terminal de TTI y el puerto de Algeciras, pues la carga termina pisada en el patio. Como consecuencia, se requieren movimientos internos para remocionar dicha carga, lo que genera un gasto adicional de recursos que puede repercutir en la producción de los siguientes barcos, que también pueden verse perjudicados en la medida que tenga que alterarse el *“berthing”* o planificación de atraque.

Este supuesto puede presentarse si la ocupación es tal que no pueden acomodarse otros servicios que no tengan un balance de carga/descarga relativamente neutro, al no disponer la terminal de espacio suficiente para la descarga. De esta forma, puede ser necesario demorarlos para dar prioridad a buques o servicios mayoritariamente cargadores, que permitan recuperar índices de ocupación más operativos. Con buques más pequeños, las escalas están más repartidas, y aunque el conjunto de ellas a lo largo de la semana pueda descargar un volumen equivalente, no se generan estos grandes picos, pues el promedio de movimientos es notablemente menor (véase Figura 32). De este modo, la terminal puede asimilar progresivamente este aumento. La figura muestra también el importante aumento previsto en cuanto a los movimientos para los buques que superan los 20.000 TEU (Baik, 2017).

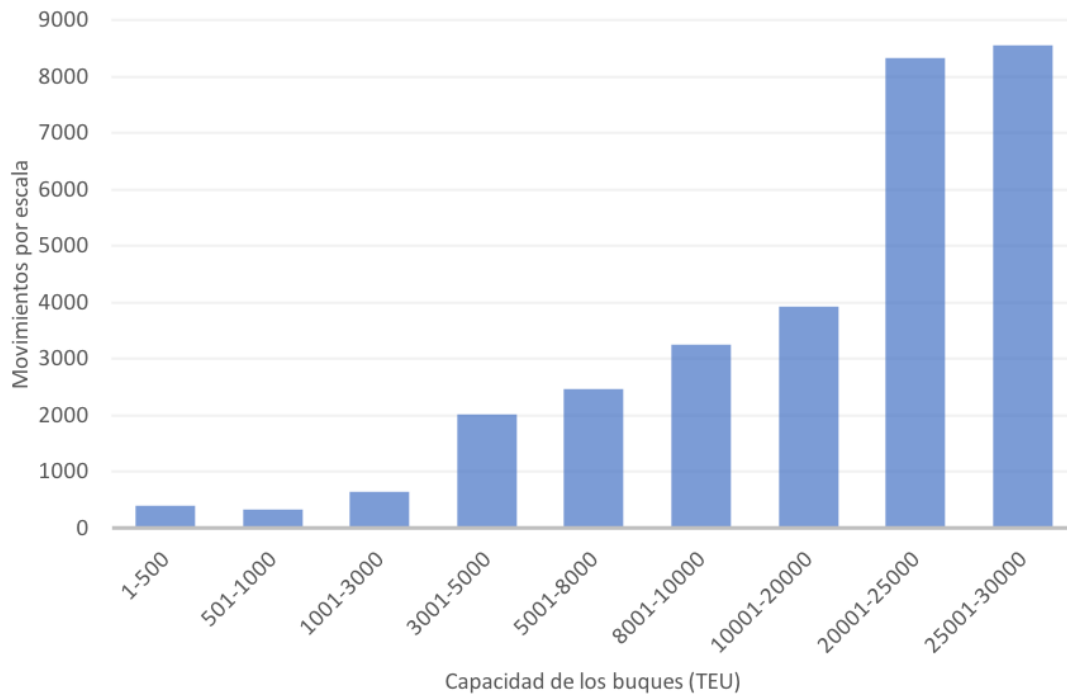


Figura 32. Movimientos por escala en función de la capacidad de los buques.
Fuente: Adaptado de Baik (2017).

Para evitar las distorsiones mencionadas anteriormente, es importante controlar el “*dwell time*”, es decir, la estancia media de los contenedores en la terminal. En el caso de estudio, este periodo de tiempo estará marcado, mayoritariamente, por el volumen de contenedores en tránsito o “*transshipment factor*” (*TF*). Estos parámetros marcan, a su vez, la capacidad anual del patio (ecuación 5), en cuyo cálculo intervienen también la superficie de apilamiento⁶⁶, la máxima altura de apilamiento operativa, la altura que se está empleando, y los días de trabajo, así como la capacidad límite que la terminal es capaz de gestionar por un tiempo determinado (“*peak factor*”, *PF*). Estas variables se relacionan de la siguiente forma (Ecuación 5) (Aminatou et al., 2018):

$$Capacidad\ patio = \frac{GS \cdot Alt_{m\acute{a}x} \cdot Alt_{empl} \cdot D\acute{ı}as}{Dwell\ time \cdot PF \cdot \frac{(1 - TF)}{2}} \quad (5)$$

Para que la densidad ya antes de operar los megabuques no sea crítica, es preciso que el *dwell time* se mantenga por debajo de siete días. No obstante, esto puede representar

⁶⁶ “*Ground slot*” (GS), como la medida de un contenedor de 20 pies en el suelo.

un desafío considerable, pues depende, en gran medida, de los mercados, especialmente en el caso de los contenedores vacíos o los frigoríficos.

El almacenaje de estos contenedores en particular depende de una serie de variables. En el caso de los vacíos, y concretamente para la terminal y el servicio que estamos analizando, la temporada puede ser muy importante, ya que la necesidad de almacenaje está muy vinculada a la fabricación asiática. Es por este motivo que, durante campañas como la de navidad, pueden presentarse picos de necesidad de evacuación de contenedores. Por el contrario, en otras épocas del año, como en agosto, con el cierre de las fábricas, pueden acumularse muchos vacíos. Para los frigoríficos ocurre algo similar, puesto que la demanda depende de la época del año, en función de los cultivos de fruta que se estén produciendo, por ejemplo, en Sudamérica. De este modo, existen también campañas, como la del plátano o la piña. Además, pueden aparecer otros factores que contribuyen al incremento del *dwell time* y la congestión del almacenamiento de las terminales, como trámites burocráticos, siendo relativamente habitual en determinados puertos africanos. Un ejemplo es el puerto de Douala (Camerún), donde para un volumen muy significativo de la carga, el tiempo de estancia supera los veinte días de manera sostenida en el tiempo (Aminatou et al. 2018). Esto puede provocar una distorsión considerable en otros puertos de transbordo, al acumularse carga.

Por otro lado, la densidad también puede afectar a la producción efectiva de la terminal. De este modo, el incremento de la ocupación en el patio puede conllevar una disminución en el rendimiento de las operaciones (en términos de *gmph*), estableciéndose una relación inversamente proporcional entre ambos parámetros (Martín, 2014; Mili y Sadraoui, 2015). La disminución de la producción está relacionada con la necesidad de realizar más remociones internas. Estos movimientos no productivos están asociados con el hecho de que los contenedores se apilen más alto y sean menos accesibles. Asimismo, también se produce una mayor interferencia entre las grúas del patio, al tener que asumir una mayor carga de trabajo en vías más congestionadas.

Este conjunto de circunstancias puede causar un aumento del tiempo de ciclo de la maquinaria del patio, lo que se traduce a su vez en una ralentización de la operativa de las grúas STS (Flack, 2014; UNCTAD, 2018).

Para la terminal de TTI Algeciras, se ha examinado la relación entre la ocupación del patio y las producciones realizadas, considerando el periodo 2015/2016. La siguiente Figura 33 muestra la evolución de dichos parámetros durante los dos años seleccionados.

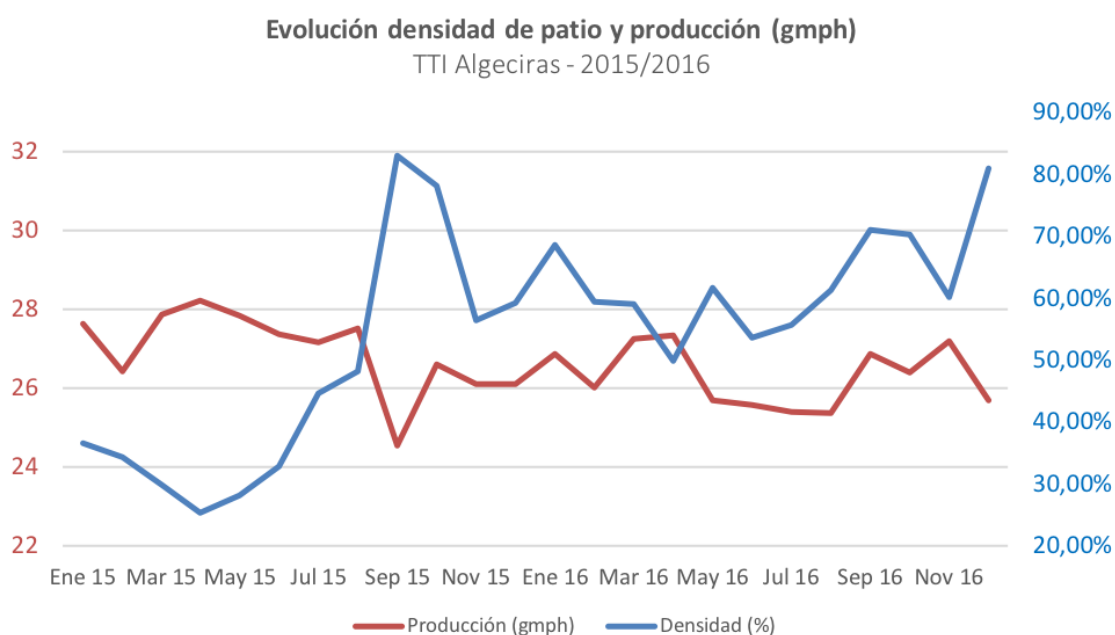


Figura 33. Evolución de la densidad del patio y la producción efectiva (gmph) de la terminal de TTI Algeciras.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por TTI Algeciras.

En principio puede apreciarse una tendencia a que se den producciones más bajas cuando se presentan repuntes importantes de los niveles de ocupación. No obstante, el modelo de regresión lineal obtenido (véase Figura 34) apunta a que este efecto es menos significativo en la terminal seleccionada, aunque el 46% de la variabilidad de la producción puede atribuirse a una relación lineal inversa con la densidad⁶⁷.

Al tratarse de una terminal semi-automatizada, la incidencia sobre la producción se controla significativamente mejor, incluso con valores de densidad que serían inoperativos en una terminal convencional. Esto se debe a la capacidad del sistema para

⁶⁷ El análisis de los datos empleados para realizar este modelo de regresión se adjunta en el Anexo II.

posicionar los contenedores de la forma más óptima posible, dentro de las limitaciones ya explicadas en el apartado correspondiente. Así, el patio se reorganiza de tal manera que los contenedores puedan recuperarse de la forma más eficiente posible para las operaciones posteriores.

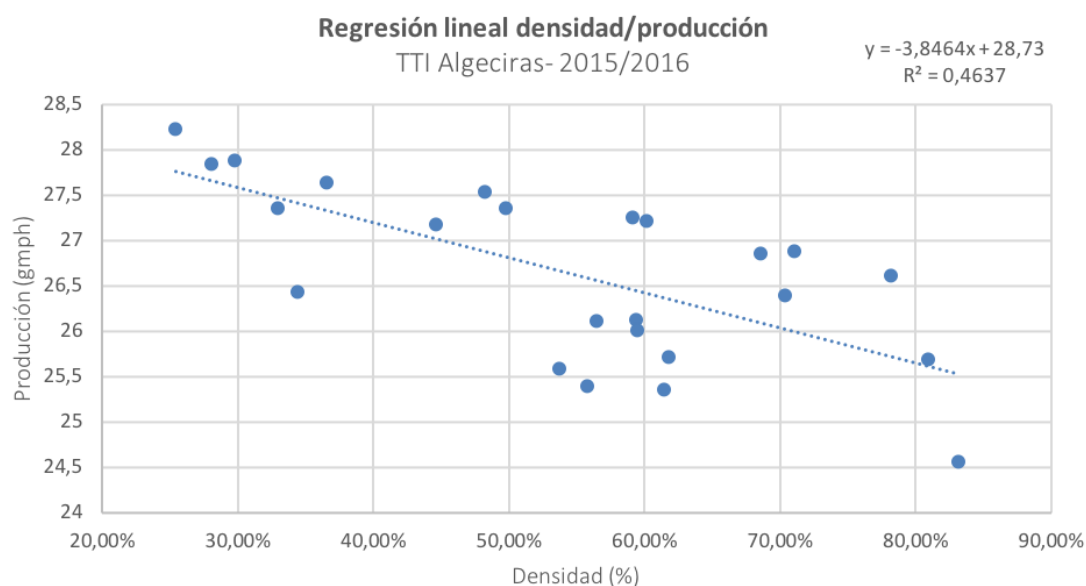


Figura 34. Modelo de regresión lineal para la relación entre densidad/producción en TTI-A.

Fuente: Elaboración propia, a partir de los datos facilitados por TTI Algeciras.

En una terminal convencional, la producción se ve afectada de manera mucho más notable cuando se supera el nivel óptimo de utilización, que se sitúa alrededor del 80%⁶⁸. La causa principal es que gran parte de la actividad debe enfocarse a la clasificación o reposicionamiento de los contenedores⁶⁹.

En la Figura 35 se expone la evolución de la producción y la ocupación del patio durante el año 2012 en la terminal convencional de *APM Terminals Algeciras*. Como puede apreciarse, la tendencia se acentúa en comparación con el estudio realizado para la terminal semi-automática.

⁶⁸ MONGELLUZZO, B. "Terminal automation: Expensive, unsexy but consistent". JOC.com. Recuperado de <https://bit.ly/2wd9FwV>; [Consultado 28/06/2020].

⁶⁹ WALLACE, P. "Report examines semi and fully automated ports". Daily Cargo News. Recuperado de <https://bit.ly/2HjRF6e>; [Consultado 28/06/2020].

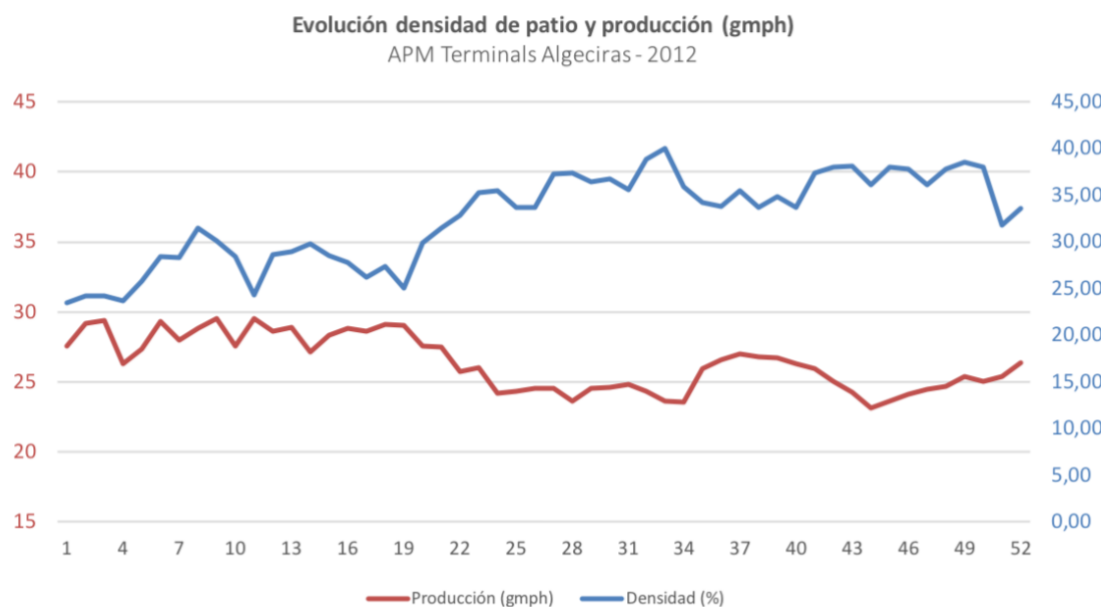


Figura 35. Relación entre la densidad del patio y la producción efectiva (gmph) en APM Terminals Algeciras.

Fuente: Elaboración propia, a partir de APM Terminals Algeciras (2012).

En este supuesto, el modelo de regresión obtenido vincula casi el 70% de la variabilidad de la producción a una relación lineal con la densidad⁷⁰. De esta forma, a medida que aumenta la saturación del patio, los niveles de producción se ven afectados negativamente, en la medida que se muestra a continuación (Figura 36).

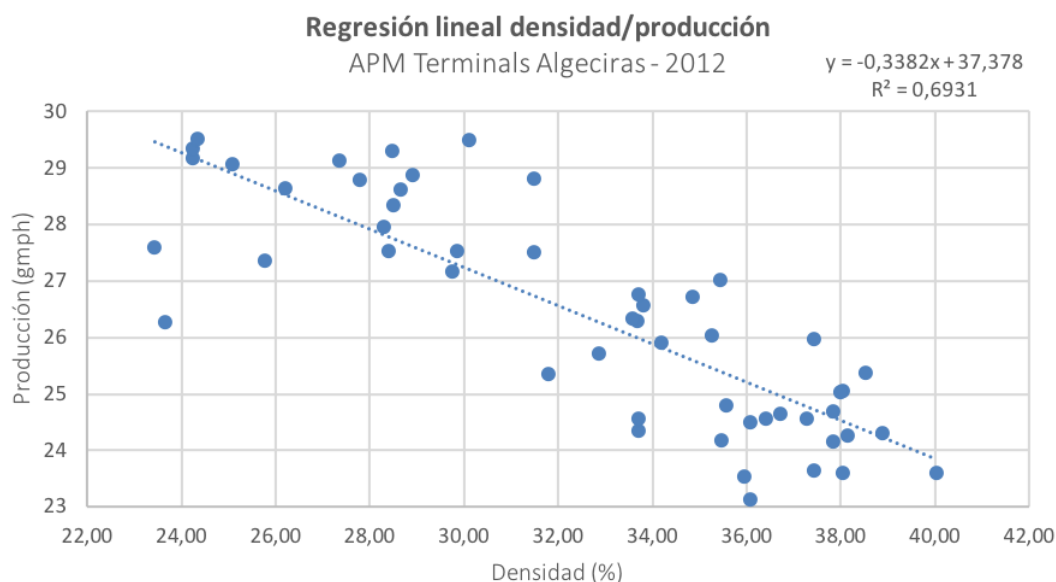


Figura 36. Modelo de regresión lineal para la relación entre densidad y producción en APMT-A.

Fuente: Elaboración propia, a partir de APM Terminals Algeciras (2012).

⁷⁰ Nos remitimos de nuevo al Anexo II, en el que se recoge el análisis de los datos.

Si bien la automatización es un factor relevante para obtener mejores rendimientos en las operaciones entre la terminal y el buque, lo realmente significativo es que permite aprovechar mejor los recursos en relación con los movimientos internos en el patio y el transporte horizontal. De este modo, las terminales automatizadas presentan mejores condiciones a la hora de garantizar mejores producciones a medida que aumenta la capacidad de los buques, maximizando el uso del patio.

6. Conclusiones

El contenedor ha cambiado drásticamente el modelo de transporte marítimo que se venía aplicando hasta la década de los setenta, provocando la adaptación de los buques y los medios de carga en las terminales portuarias. La construcción de buques totalmente celulares, así como la mecanización de las tareas de estiba/desestiba en los puertos, permitieron el desarrollo de un nuevo sistema más rápido y eficaz. Todo ello también se materializó en costes más competitivos, haciendo del transporte marítimo el medio más adecuado para la mayor parte de las mercancías y facilitando el transporte intermodal.

La vinculación de la economía marítima a la oferta y la demanda hace del transporte un mercado muy sensible a los cambios políticos y socioeconómicos internacionales. Ante los desafíos que ello representa, se asiste en los últimos veinte años a la instauración de un gigantismo creciente en la construcción naval de buques portacontenedores. De este modo, los grandes operadores mundiales tratan de minimizar costes aplicando los principios de las economías de escala, esto es, aumentando la capacidad total de los buques, de forma que el coste unitario del transporte sea menor. Además, se aplican otras estrategias accesorias, como el *slow steaming*, tratando de alcanzar un equilibrio que considere el aumento de los tiempos de navegación y la necesidad de emplear más buques para asumir un determinado servicio, manteniendo las frecuencias establecidas. Estos servicios son, además, compartidos entre diferentes navieras a través de alianzas en las principales rutas, colocando a los grandes operadores en una posición preferente frente a los puertos y terminales. Estos están presentando algunas dificultades para adaptarse a la dinámica actual. En este sentido, se pueden destacar diferentes factores.

En primer lugar, no todos los puertos reúnen las características físicas y técnicas para atender buques de tales dimensiones, al no presentar calado suficiente, muelles debidamente acondicionados o equipamiento adecuado. Además, también requieren de otros servicios adicionales. El puerto debe contar con remolcadores suficientes, de potencia y tiro apropiados, y con la posibilidad de ofrecer suministro de combustible o avituallamiento de pertrechos. Todas estas cuestiones ejercen, sobre todo en aquellos

puertos que reciben varias escalas de megabuques por semana, un estrés adicional sobre el conjunto de las instalaciones y servicios, incluyendo por ejemplo el practicaaje. Por otro lado, tampoco resulta rentable operar en una multitud de puertos dentro de la rotación, realizando pocos movimientos en cada escala. Por este motivo, para estos servicios, los *hubs* de tránsito deben asumir importantes volúmenes de mercancía en escalas puntuales y de corta duración. La productividad de estas escalas constituye además un *KPI* importante para las terminales y, sobre todo, para las navieras, pues determina el grado de optimización de la estancia del buque en puerto, así como el rendimiento de la instalación portuaria de cara a los intereses del cliente.

En relación con los movimientos realizados por escala, es importante destacar que, si son mayoritariamente de descarga, pueden implicar un aumento considerable de la densidad de almacenamiento del patio de la terminal. Estos picos de densidad no se producirían con buques más pequeños y escalas más repartidas, puesto que el volumen descargado en cada una de estas sería menor y, por tanto, asumible por la terminal de forma progresiva. Esta situación puede presentar complicaciones para el conjunto de las operaciones que se desarrollan en la terminal, debido a que la ocupación puede alcanzar niveles críticos si ya previamente la densidad es alta, como es habitual en los puertos de transbordo.

El estudio de caso desarrollado para la terminal de TTI Algeciras, con datos relativos a escalas del servicio *FAL1*, muestra el impacto sobre el patio del volumen de contenedores descargados, y permite analizar las consecuencias que puede tener para las operaciones de los siguientes barcos. Debido a la configuración del servicio, que escala en Algeciras procedente de Asia, la mayor parte de los movimientos totales son de descarga, concretamente un promedio de 2.200. Esto supone un aporte medio al patio de en torno a un 10% en términos de densidad. El análisis de los datos es especialmente significativo porque se parte de densidades previamente altas, superando incluso el 80% en algunos casos. Cabe recordar que el patio puede dejar de ser operativo cuando la ocupación supera el 85% o 90%, alcanzándose una situación crítica.

Para tratar de controlar estas distorsiones, un aspecto clave es la gestión del *dwell time*, especialmente en el puerto de Algeciras, dedicado en gran medida al transbordo. En este aspecto, es importante ir dando salida a los contenedores en un plazo razonable que no supere los siete días. Sin embargo, la sujeción del tiempo de permanencia de los contenedores en la terminal a la evolución y características de los mercados, dificulta en algunos casos que se mantenga estable a lo largo del año.

Por otro lado, se ha expuesto también que la necesidad de realizar remociones internas, sumada a la congestión y ralentización de los movimientos en el patio, puede afectar a la productividad de las grúas. El rendimiento también podrá verse condicionado por el gasto adicional de recursos que se requiere para llevar a cabo los movimientos internos de remoción. En consecuencia, se establece una relación inversamente proporcional entre la densidad y la producción efectiva de la terminal. No obstante, si bien es cierto que la tasa de ocupación es un factor con una incidencia importante en la productividad, la automatización del patio ha contribuido a atenuar en cierta medida su influencia. Así se muestra en la comparación de los modelos obtenidos con los datos de las terminales de TTI y APM Terminals en el puerto de Algeciras. Por este motivo, la automatización puede ser una solución eficiente al gigantismo, en tanto pueda contribuir a minimizar los efectos de una mayor congestión.

Por último, las presiones que los megabuques ejercen en cuanto a equipo y espacio, resultan también en una limitación de su propia productividad, que se debe sobre todo al aumento del ciclo de la grúa por sus dimensiones. Por este motivo, se considera que la producción en términos de *gmph* crece con el porte y capacidad del buque, hasta estabilizarse en el rango de los 4.000 a 14.000 TEU. A partir de estos valores, el aumento de la capacidad produce un efecto adverso sobre el rendimiento de las operaciones.

Ante esta situación, el desarrollo de nuevos métodos y técnicas de optimización de procesos va a desempeñar un rol cada vez más significativo en la industria portuaria, del mismo modo que se sigue avanzando en la integración de la tecnología en las diferentes etapas del transporte, a través de infraestructuras físicas o digitales, y su automatización. La finalidad no es otra que ganar en eficiencia, monitorizando el conjunto de operaciones o procesos que tienen lugar en las diferentes instalaciones

portuarias, a través de lo que se ha denominado el “internet de las cosas”, y permitiendo que todos los interesados en un determinado proceso, operación o mercancía puedan intervenir, aportando y obteniendo información.

Sin embargo, aunque muchos de estos avances ya se están poniendo en práctica, y a pesar de que diversos puertos están desarrollando proyectos alineados con la filosofía de los *Smart Ports*, la transición hacia su completa implementación no evoluciona con la misma celeridad que los cambios que se están produciendo en los buques. Si bien se han adaptado físicamente los muelles y se ha actualizado la maquinaria para poder atenderlos, muchos de los procedimientos de optimización que permitirían minimizar las consecuencias negativas de su operativa se encuentran aún en estudio o en sus primeras fases de desarrollo.

Es cierto que, dadas las capacidades que se están alcanzando, se prevé una estabilización en torno a los 20 y 22 mil TEUs, motivada por diferentes límites. Entre ellos cabe señalar las restricciones que supone el paso por determinadas vías de navegación, la sobrecapacidad en ciertos tráficos y el estrés sobre puertos, que no podrán asumir un crecimiento continuo y descontrolado sin acometer transformaciones importantes. A esto se suma que dichas modificaciones requieren de inversiones muy significativas. Como consecuencia, si la capacidad media de los megabuques continuase creciendo, se podría reducir aún más la lista de puertos que pueden acogerlos.

Teniendo en cuenta todas estas cuestiones, sería lógico que en los próximos años se moderasen los cambios en la industria naviera, proporcionando a los puertos una tregua que les permita evolucionar hacia la implementación de las nuevas tecnologías y el desarrollo de métodos para afrontar mejor los retos derivados de la operativa de megabuques.

Bibliografía

- Accorsi, Riccardo, Riccardo Manzini, y Emilio Ferrari. 2014. «A comparison of shipping containers from technical, economic and environmental perspectives». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 26: 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2013.10.009>; [Consultado 27/06/2020].
- Acosta, Manuel, Daniel Coronado, y M. Mar Cerban. 2007. «Port competitiveness in container traffic from an internal point of view: The experience of the Port of Algeciras Bay». *Maritime Policy and Management*, 2007. <https://doi.org/10.1080/03088830701585381>; [Consultado 26/06/2020].
- Alexander, Lewis M. 1992. «The Role of Choke Points in the Ocean Context». *GeoJournal* vol.26, 1992. <https://www.jstor.org/stable/41145437?seq=1>; [Consultado 27/06/2020].
- Alho, Timo, Jarno Kuipers, Tom Vermeiren, Wim Welvaarts, y Dries van den Broeck. 2018. «Designing future-proof container terminals». *Kalmar International & Rebel Group*. <https://doi.org/10.1680/pdhbf.63075.359>; [Consultado 28/06/2020].
- Aminatou, Monde, Yang Jiaqi, y Stephen Okyere. 2018. «Evaluating the impact of long cargo dwell time on port performance: An evaluation model of Douala International Terminal in Cameroon». *Archives of Transport* 46 (2): 7-20. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2098>; [Consultado 28/06/2020].
- Arango Pastrana, Carlos Alberto. 2010. «Planificación de terminales portuarias de contenedores». Universidad de Sevilla.
- Aronietis, Raimonds, Eddy Van der Voorde, y Thierry Vanelslender. 2010. «Port Competitiveness Determinants of Selected European». *Association for European Transport and contributors*, 2010.
- Baik, Jong Sil. 2017. «The Study on Impacts of Mega Container ships on Ports». *Pan-Pacific Journal of Supply Chain Management: Applications and Practices* 1 (1): 22-40.
- Basedow, Jürgen, Ulrich Magnus, y Rüdiger Wolfrum. 2012. *The Hamburg Lectures on Maritime Affairs 2009 & 2010*. Vol. 23. Springer Science & Business Media,.
- Bonardi, Tosca. 2015. «The impact of mega-ships and carrier alliances on ports and terminals». California State University. [http://csum-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.3/173270/PINDER Impact of Mega-](http://csum-dspace.calstate.edu/bitstream/handle/10211.3/173270/PINDER%20Impact%20of%20Mega-ships%20and%20Carrier%20Alliances%20on%20Ports%20and%20Terminals.pdf)

- Ships and Carrier Alliances.pdf?sequence=1; [Consultado 28/06/2020].
- Cabrera Cánovas, Alfonso. 2013. «Transporte internacional marítimo en contenedor». ICEX España. 2013.
- CAG. 2009. «Performance indicators». 2009. https://cag.gov.in/sites/default/files/audit_report_files/Union_Performance_Civil_Functioning_Major_Port_Trust_3_2009_chapter_7.pdf; [Consultado 27/06/2020].
- Clementi Tapia, Alessio. 2018. «La modificación del Registro Especial de Buques y Empresas Navieras de Canarias». Universidad Pontificia de Comillas ICAI-ICADE. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/27795>; [Consultado 28/06/2020].
- Debie, Jean, y David Guerrero. 2006. «Introducción a la lectura geográfica de un hinterland portuario: el ejemplo de Barcelona». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 42: 271-84.
- Deng, Ping, Shiqing Lu, y Hanbin Xiao. 2013. «Evaluation of the relevance measure between ports and regional economy using structural equation modeling». *Transport Policy* 27: 123-33. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.01.008>; [Consultado 28/06/2020].
- Dong, Xisong, Gang Xiong, Li Yuantao, Guo Xiujiang, y Lv Yisheng. 2013. «Intelligent Ports based on Internet of Things». International Conference on Service Operations and Logistics. 2013. https://www.researchgate.net/publication/261343481_Intelligent_ports_based_on_Internet_of_Things; [Consultado 29/06/2020].
- Flack, Nicholas. 2014. «Container Port Productivity». Massey University. https://mro.massey.ac.nz/bitstream/handle/10179/7062/02_whole.pdf; [Consultado 28/06/2020].
- Forminaya, Mario. 2014. «Introducción a los Buques Portacontenedores». COTRANSA. 2014. <http://www.fundacion.valenciaport.com/docs/PonenciasBuquePortacontenedores/1-MarioFominaya.pdf>; [Consultado 27/06/2020].
- García García, Emma Carolina. 2018. «El Short Sea Shipping a bordo: Un análisis práctico de una solución en desarrollo para España». Universidad Pontificia de Comillas

ICAI-ICADE.

gCaptain. 2017. «New-Generation “Megaships” could come in at over 23,000 TEU».

2017. <https://gcaptain.com/new-generation-megaships-could-come-in-at-over-23000-teu/>; [Consultado 27/06/2020].

González Laxe, Fernando. 2005. «Puertos y transporte marítimo: ejes de una nueva articulación global». *Revista de Economía Mundial*, diciembre de 2005.

Goss, Richard. 1998. «Rochdale remembered: A personal memoir». *Maritime Policy and Management* 25 (3): 213-33. <https://doi.org/10.1080/03088839800000035>; [Consultado 29/06/2020].

Gracia Guzmán, María Dolores, Óscar Laureano Casanova, y Julio Mar Ortiz. 2018. «Estudio comparativo de la eficiencia en las operaciones de carga y descarga de contenedores entre el método tradicional y por citas de una terminal portuaria». Ciudad de México.

GRID Logistics Inc. 2015. «Productivity: Evolution and Revolution». 2015. https://www.mpa.gov.sg/web/wcm/connect/www/3cb2379f-b41e-4c7b-96c1-b34416efcc9a/lane_alba_productivity_evolution_revolution.pdf?MOD=AJPERES; [Consultado 29/06/2020].

Gujarati, Damodar N., y Dawn C. Porter. 2009. *Econometría*. Quinta edi. México DF: Mc Graw Hill Educación.

Gustafsson, Anna. 2019. «Slow steaming to arrive at the right time». Wärtsilä. 2019.

Hesse, Markus, y Jean Paul Rodrigue. 2004. «The transport geography of logistics and freight distribution». *Journal of Transport Geography* 12 (3): 171-84. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.12.004>; [Consultado 28/06/2020].

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INHST. 2020. «Accidentes de trabajo». 2020. <http://calculadores.insht.es/Accidentesdetrabajo/Introducción.aspx>; [Consultado 27/06/2020].

Jiang, Xinjia, Loo Hay Lee, Ek Peng Chew, Yongbin Han, y Kok Choon Tan. 2012. «A container yard storage strategy for improving land utilization and operation efficiency in a transshipment hub port». *European Journal of Operational Research* 221 (1): 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.03.011>; [Consultado 28/06/2020].

- Jin, Jian Gang, Der Horng Lee, y Jin Xin Cao. 2016. «Storage yard management in maritime container terminals». *Transportation Science* 50 (4): 1300-1313. <https://doi.org/10.1287/trsc.2014.0527>; [Consultado 29/06/2020].
- JOC.com. 2017. «Midsize vessels outpace mega-ships in berth productivity». 2017. https://www.joc.com/port-news/data-show-berth-productivity-highest-midsize-ships_20171130.html; [Consultado 28/06/2020].
- Kanvel Logistics. 2018. «¿Qué es el flete marítimo internacional? Características y principales recargos». 2018. <https://kanvel.com/flete-maritimo-internacional/>; [Consultado 27/06/2020].
- Lian, Feng, Jiaru Jin, y Zhongzhen Yang. 2019. «Optimal container ship size: a global cost minimization approach». *Maritime Policy and Management* 46 (7): 802-17. <https://doi.org/10.1080/03088839.2019.1630760>; [Consultado 29/06/2020].
- Lim, Seok-Min. 1998. «Economies of scale in container shipping». *Maritime Policy & Management*, 1998.
- Liu, Qianwen. 2010. «Efficiency Analysis of Container Ports and Terminals». University College London. <http://eprints.ucl.ac.uk/19215/>; [Consultado 28/06/2020].
- Madueke, Ugonna A. 2013. «Measuring and Benchmarking Efficiency and Productivity Levels of Liquid Bulk Terminal Operations Using a DEA AND OEE Approach Considering Nigeria's Atlas Cove Jetty and Depot Facility». Erasmus University of Rotterdam. <https://thesis.eur.nl/pub/33046>; [Consultado 29/06/2020].
- Maloni, Michael, Jomon Aliyas Paul, y David M. Gligor. 2013. «Slow steaming impacts on ocean carriers and shippers». *Maritime Economics and Logistics* 15 (2): 151-71. <https://doi.org/10.1057/mel.2013.2>; [Consultado 27/06/2020].
- Martín Alcalde, Enrique. 2014. «Strategies for improving import yard performance at container marine terminals». Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/95403/TEMA1de1.pdf>; [Consultado 28/06/2020].
- Med Maritime. 2020. «The 2020 Strategy in Europe. Smart-ports». 2020. http://www.medmaritimeprojects.eu/download/ProjectSmartport/OUTPUT_Folder/SMART-PORT NEWSFLASH on 1st Outputs.pdf; [Consultado 29/06/2020].
- Meng, Qiang, Shuaian Wang, Henrik Andersson, y Kristian Thun. 2014. «Containership routing and scheduling in liner shipping: Overview and future research directions».

- Transportation Science* 48 (2): 265-80. <https://doi.org/10.1287/trsc.2013.0461>; [Consultado 28/06/2020].
- Mili, Khaled, y Tarek Sadraoui. 2015. «Optimizing the Operational Process at Container Terminal». *International Journal of Econometrics and Financial Management* 3 (2): 91-98. <https://doi.org/10.12691/IJEFM-3-2-6>; [Consultado 27/06/2020].
- Ministerio de Fomento. 2003. «La aportación del transporte por carretera a la intermodalidad». 2003. https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/01_lenguaje_transporte_intermodal.pdf; [Consultado 27/06/2020].
- Montero, Roberto. 2013. «Variables no estacionarias y cointegración». *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada, España*, 1-8.
- Moreno Navarro, Jesús Gabriel, y Jesús Ventura Fernández. 2008. «El nuevo esquema de competitividad portuaria en el Estrecho de Gibraltar. La irrupción de Tánger-Med». *Gegografía de los servicios. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*, 2008.
- Musso, Enrico, y Anna Sciomachen. 2019. «Impact of megaships on the performance of port container terminals». *Maritime Economics and Logistics*. 2019.
- Notteboom, Theo, y Jean-paul Rodrigue. 2012. «The corporate geography of global container terminal operators». *Marine Policy & Management*, n.º February 2014. <https://doi.org/10.1080/03088839.2012.671970>; [Consultado 29/06/2020].
- OMI. 2015. «“El transporte marítimo: indispensable para el mundo”, seleccionado como lema del Día marítimo mundial de 2016». 2015. <http://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/25-WMD-2016.aspx>; [Consultado 27/06/2020].
- Park, Nam Kyu, y Sang Cheol Suh. 2019. «Tendency toward mega containerships and the constraints of container terminals». *Journal of Marine Science and Engineering* 7 (5): 1-13. <https://doi.org/10.3390/jmse7050131>; [Consultado 28/06/2020].
- PEMA Port Equipment Manufacturers Association. 2016. «Container Terminal Automation». *PEMA Information Paper Series*, junio de 2016. <https://www.pema.org/wp-content/uploads/downloads/2016/06/PEMA-IP12-Container-Terminal-Automation.pdf>; [Consultado 27/06/2020].
- Port Technology. 2015. «How Terminals can tackle Mega-Ships». 2015.

- https://www.porttechnology.org/technical-papers/how_terminals_can_tackle_mega_ships/; [Consultado 29/06/2020].
- Puertos del Estado. 2019. «Resumen General Del Tráfico Portuario». 2019. <http://www.puertos.es/es-es/estadisticas/EstadisticaMensual/12> Diciembre 2019.pdf.; [Consultado 28/06/2020].
- Quansah, Nana E. 2008. «Impact of privatization in ports: measuring efficiency through data envelopment analysis and key performance indicators».
- Reyes, José Alberto. 2018. «Tecnología y globalización en el transporte marítimo». Universidad Nacional Experimental Marítima del Caribe (Venezuela).
- Ríonegro, María. 2016. «El contenedor que revolucionó la historia del tráfico marítimo». El País. 2016.
- Rodrigue, Jean-Paul. 2017. *The Geography of Transport Systems*. Fourth Edi. Routledge.
- Rosales Alonso, Francisco Javier. 2018. «Evolución del Puerto de Algeciras hacia el concepto de Smart Port». Universidad Pontificia de Comillas, ICADE-ICAI.
- Rúa, Carles. 2006. «Los puertos en el transporte marítimo». *Universitat Politècnica de Catalunya*, 3-12.
- Rúa Costa, Carles. 2006. «Posicionamiento de contenedores marítimos a bordo de buques portacontenedores». 2006. <http://plus.upc.es/gemt/Docs/2003/contenedores.pdf>; [Consultado 27/06/2020].
- Sagarra, Ricard Marí, Aldamir J. De Souza, Juan Martín Mallofré, y Jaime Rodrigo de Larrucea. 2004. *El transporte de contenedores: terminales, operatividad y casuística*. Editado por Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Shang, Kuo Chung, y Chin Shan Lu. 2009. «Effects of safety climate on perceptions of safety performance in container terminal operations». *Transport Reviews* 29 (1): 1-19. <https://doi.org/10.1080/01441640802264943>; [Consultado 29/06/2020].
- Song, Dong-Ping, y Jonathan Carter. 2009. «Empty container repositioning in line shipping». *Marine Policy & Management*. 2009. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03088830903056934>; [Consultado 28/06/2020].
- Song, Dong-Wook, Kevin Cullinane, y Michael Roe. 2017. *The productive efficiency of container terminals: An application to Korea and the UK*. Editado por Routledge. Londres.

- Souza Junior, Geraldo Araujo De, Anthony K.C. Beresford, y Stephen J. Pettit. 2003. «Liner shipping companies and terminal operators: Internationalisation or globalisation?» *Maritime Economics and Logistics* 5 (4): 393-412. <https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100088>; [Consultado 28/06/2020].
- Stahlbock, Robert, y Stefan Voß. 2008. «Operations research at container terminals: A literature update». *OR Spectrum* 30 (1): 1-52. <https://doi.org/10.1007/s00291-007-0100-9>; [Consultado 29/06/2020].
- Statista. 2018. «Major marine terminal operators worldwide in 2018». 2018. <https://bit.ly/2Fa5Fi4>; [Consultado 27/06/2020].
- Steenken, Dirk, Stefan Voß, y Robert Stahlbock. 2004. «Container terminal operation and operations research - A classification and literature review», n.º January: 2-49. <https://doi.org/10.1007/s00291-003-0157-z>; [Consultado 28/06/2020].
- Stopford, Martin. 2009. *Maritime Economics*. Third edit. Routledge.
- Streng, Martijn. 2011. «The consequences of megaships». Erasmus Universiteit Rotterdam. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.839.657&rep=rep1&type=pdf>; [Consultado 29/06/2020].
- UNCTAD. 2018. «Review of Maritime Transport 2018». https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2018_en.pdf; [Consultado 26/06/2020].
- Vacca, Ilaria, Michel Bierlaire, y Matteo Salani. 2007. «Optimization at Container Terminals: Status, Trends and Perspectives». *Swiss Transport Research Conference*, 21. http://www.strc.ch/conferences/2007/2007_vacca.pdf; [Consultado 27/06/2020].
- Vianen, T A Van, P Stoop, R A H Schuurmans, J A Ottjes, y G Lodewijks. 2012. «Measuring and Improving Dry Bulk Terminal Performance», 1-6. <http://www.exspecta.nl/wp-content/uploads/2015/10/Measuring-and-Improving-Dry-Bulk-Terminal-Performance.pdf>; [Consultado 28/06/2020].
- Waals, Frans, y Niko Wijnolst. 2019. «Malacca-Max: Container shipping network economy». *Journal of Chemical Information and Modeling* 53 (9): 1689-99. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>; [Consultado 29/06/2020].
- Woo, Jong Kyun, y Daniel Seong Hyeok Moon. 2014. «The effects of slow steaming on

the environmental performance in liner shipping». *Maritime Policy and Management* 41 (2): 176-91. <https://doi.org/10.1080/03088839.2013.819131>; [Consultado 27/06/2020].

Anexo I. Autorización



La entidad mercantil **TOTAL TERMINAL INTERNATIONAL ALGECIRAS SA** (en adelante **TTIA**) titular del NIF A-72116205 y con domicilio social en Algeciras, Puerto Bahía de Algeciras, Muelles de Isla Verde Exterior s/n, cp 11207, a través de sus representantes Don Alonso Luque Jiménez, mayor de edad, titular del NIF 24.866.209-N y Don Sangmin Yi, mayor de edad, titular del NIE en España Y-7016337-V, en virtud de la presente,

CERTIFICA

I.- Que ha concedido autorización y consentimiento a D. Álvaro Peral Moyano, titular del NIF 75.912.539-G, para que pueda utilizar determinada información y documentación de la empresa en la preparación de su trabajo fin de Master como parte de la formación del Master en Transporte Marítimo de la Universidad de Cádiz.

II.- Que D. Álvaro Peral ha informado a la Dirección de TTIA sobre el tema y objetivo de su trabajo fin de Master **"El impacto de los megabuques en las terminales de contenedores: Estudio de caso para la terminal de TTI Algeciras"**

III.- Que TTIA ha accedido a entregarle la información que se encuentra incluida en el Anexo I a este certificado la cual, aunque relacionada con el desarrollo del negocio, no tiene el carácter de reservada.

IV.- Que D. Álvaro Peral se comprometió a realizar un uso responsable de la referida información, utilizándola solo a los efectos de preparación del referido trabajo fin de Master.

V.- Que D. Álvaro Peral ha manifestado haber incluido dicha información como parte de su trabajo y ha ofrecido a TTIA la posibilidad de revisar el borrador del trabajo a los efectos de poder comprobar del correcto uso e interpretación de la documentación e información que le había sido trasladada.

Se compromete a entregar un ejemplar de la versión final del trabajo que quedará en poder de TTIA.

TOTAL TERMINAL INTERNATIONAL ALGECIRAS S.A.
Puerto Bahía de Algeciras, Muelles Isla Verde Exterior, s/n
11207 Algeciras, Cádiz (ESPAÑA)
Tel. (+34) 956 022 490

VI- Que TTIA otorga su consentimiento para que una vez presentado dicho trabajo fin de Master por D. Álvaro Peral Moyano, el mismo quede en posesión y custodia de la Universidad de Cádiz (UCA), pudiendo la UCA hacer un uso responsable de la información relativa a TTIA incluida en dicho trabajo, únicamente para fines formativos.

Y para que conste y surta los efectos oportunos, se firma el presente certificado en Algeciras a 09 de marzo 2020



TTI ALGECIRAS
Total Terminal International Algeciras

Alonso Luque Jiménez
Chief Executive Officer
Consejero Delegado

Anexo II. Modelos de regresión para la relación densidad-producción

Tabla VI. Datos mensuales de densidad y producción para TTI-A.

Fuente: Facilitados por TTI Algeciras.

Año	Mes	Densidad (%)	Producción (gmph)
2015	Enero	36,57%	27,63
	Febrero	34,39%	26,43
	Marzo	29,79%	27,88
	Abril	25,42%	28,22
	Mayo	28,06%	27,84
	Junio	32,89%	27,36
	Julio	44,62%	27,18
	Agosto	48,19%	27,53
	Septiembre	83,15%	24,56
	Octubre	78,20%	26,61
	Noviembre	56,47%	26,11
	Diciembre	59,34%	26,12
2016	Enero	68,54%	26,86
	Febrero	59,46%	26,01
	Marzo	59,11%	27,25
	Abril	49,80%	27,35
	Mayo	61,76%	25,71
	Junio	53,71%	25,59
	Julio	55,78%	25,39
	Agosto	61,41%	25,36
	Septiembre	71,07%	26,88
	Octubre	70,38%	26,4
	Noviembre	60,15%	27,21
	Diciembre	80,96%	25,69

Tabla VII. Resumen de la regresión lineal (datos TTI-A).

Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de correlación	0,681
Coeficiente de determinación, R^2	0,464
R^2 ajustado	0,439
Error típico	0,712
Observaciones	24

Tabla VIII. Análisis de la varianza para los datos de TTI-A.

Fuente: Elaboración propia.

	Grados libertad	Suma cuadrados	Promedios cuadrados	F	p-valor
Regresión	1	9,650	9, 650	19,023	$2,495 \times 10^{-4}$
Residuos	22	11,160	0,507	-	-
Total	23	20,810	-	-	-
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Intervalo conf. 95%
Intercepción (valor y, x=0)	28,730	0,503	57,169	$2,015 \times 10^{-25}$	(27,688, 29,772)
Variable x_1 (variación)	-3,846	0,882	-4,362	$2,495 \times 10^{-4}$	(-5,675, -2,018)

Tabla IX. Datos semanales de densidad y producción para APMT-Algeciras.

Fuente: APM Terminals Algeciras.

Semana	Densidad (%)	Producción (gmph)
1	23,423	27,59
2	24,228	29,17
3	24,243	29,35
4	23,647	26,27
5	25,765	27,36
6	28,467	29,30
7	28,286	27,96
8	31,494	28,82
9	30,108	29,50
10	28,398	27,53
11	24,353	29,51
12	28,664	28,62
13	28,919	28,87
14	29,744	27,17
15	28,491	28,35
16	27,782	28,80
17	26,214	28,64
18	27,345	29,13
19	25,078	29,06

Semana	Densidad (%)	Producción
20	31,480	27,50
21	32,873	25,71
22	35,261	26,03
23	35,466	24,17
24	33,700	24,34
25	33,700	24,57
26	37,285	24,56
27	37,431	23,65
28	36,400	24,57
29	36,720	24,64
30	35,560	24,80
31	38,895	24,30
32	40,026	23,60
33	35,950	23,53
34	34,183	25,91
35	33,811	26,58
36	35,448	27,01
37	33,710	26,76
38	34,863	26,73
39	33,685	26,29
40	37,419	25,97
41	38,039	25,06
42	38,145	24,27
43	36,076	23,13
44	38,041	23,61
45	37,848	24,15
46	36,070	24,50
47	37,842	24,68
48	38,515	25,37
49	37,979	25,04
50	31,779	25,35
51	33,585	26,34
52	23,423	27,59

Tabla X. Resumen de la regresión lineal (datos APMT-A).

Fuente: Elaboración propia.

Coeficiente de correlación	0,833
Coeficiente de determinación, R^2	0,693
R^2 ajustado	0,687
Error típico	1,092
Observaciones	52

Tabla XI. Análisis de la varianza para los datos de APMT-A.

Fuente: Elaboración propia.

	Grados libertad	Suma cuadrados	Promedios cuadrados	F	p-valor
Regresión	1	134,693	134,693	112,906	$2,005 \times 10^{-14}$
Residuos	50	59,648	1,193	-	-
Total	51	194,341	-	-	-
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Intervalo conf. 95%
Intercepción (valor y, x=0)	37,3776	1,047	35,703	$3,019 \times 10^{-37}$	(35,275, 39,480)
Variable x_1 (variación)	-0,338	0,032	-10,626	$2,005 \times 10^{-14}$	(-0,402, -0,274)